

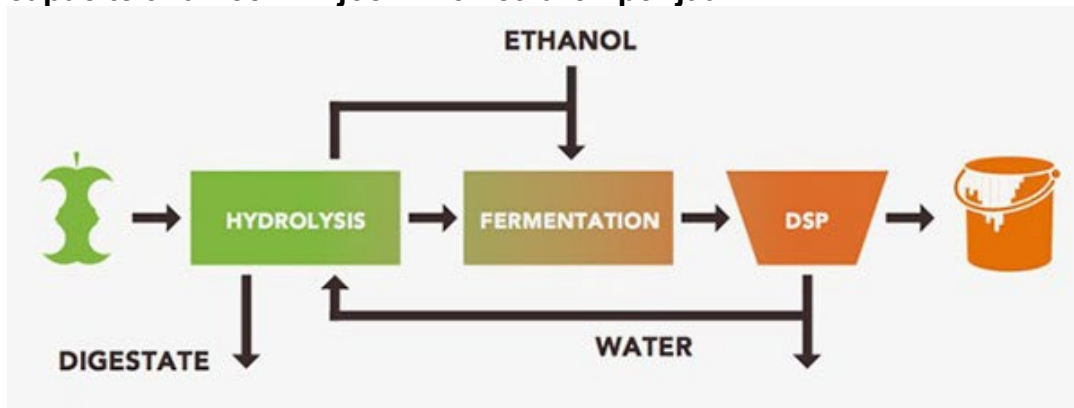
AMSTERDAMS BIOTECHBEDRIJF BOUWT DEMONSTRATIEFABRIEK VOOR VETZUREN

Klas	5 hv, 6v
Subdomein	Industriële processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Innovatief proces
Trefwoorden	Waardepiramide, naamgeving, cellulose, redox, zuur-base, biomassa, gft-afval, berekeningen
Vaardigheidsvraag	informatiebewerkingsvraag

www.engineeringnet.nl, 3 mei 2017

Amsterdams biotechbedrijf bouwt demonstratiefabriek voor vetzuren

ChainCraft steekt 6 miljoen euro in een demonstratiefabriek voor de vergisting van groente- en fruitresten tot vetzuren, met een geplande capaciteit van een miljoen kilo vetzuren per jaar.



Van appelklokhuis tot verf (Digestate: restproducten; DSP: alle benodigde scheidingsmethoden)

De fabriek, gelegen in het Amsterdamse havengebied, moet begin 2018 open gaan en met een jaar operationeel zijn, aldus het Financieele Dagblad.

Vetzuren zijn te gebruiken in diervoeding als alternatief voor antibiotica, omdat ze bacteriën in het maag-darmkanaal van kippen, geiten, varkens en runderen bestrijden.

Ook zijn vetzuren bruikbaar als toevoeging in smeermiddelen, verf, lijm, coatings en verpakkingsmaterialen. Vetzuren die in verf worden verwerkt, gaan bijvoorbeeld algengroei op schepen tegen.

ChainCraft werd in 2010 opgericht door Niels van Stralen, die een patent van de Wageningse universiteit overnam. Dit patent betrof een vergistingsmethode voor het omzetten van organische afvalstoffen, zoals groen-, fruit- en tuinafval en agrarische reststromen, in vetzuren.

Het proces zorgt voor een reductie in de uitstoot van CO₂. Normaliter worden deze vetzuren - boter-, capron- en caprylzuur - namelijk gemaakt uit fossiele olie en palmolie.

Het geld voor de proeffabriek komt van het Amsterdamse havenbedrijf, AKEF (Amsterdams Klimaat & Energiefonds) en een subsidie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

ChainCraft is nu met een pilotinstallatie, waarmee enkele duizenden kilo's vetzuren per jaar worden geproduceerd, gevestigd op het terrein van een grote biodieselproducent in het Amsterdamse havengebied.

Het bedrijf wil over circa vijf jaar een grote commerciële vergistingsfabriek in Amsterdam bouwen met een capaciteit van 10.000 tot 20.000 ton. Dit vergt waarschijnlijk een investering van circa 30 miljoen euro.

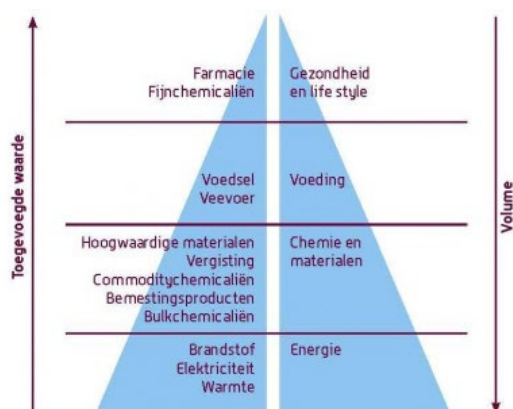
Aardappelschillen, suikerbietresten, horeca- afval, over-datum producten: wat moet je ermee? Lange tijd was de stort de laatste rustplaats en meer recent de afvalverbrandingsoven. Zinvoller is het om dit afval op industriële schaal te composteren of te vergisten, omdat het biogas dat hierbij vrijkomt prima als energiebron kan dienen. Echter, wanneer je uit dit restproduct middellange vetzuren (MCFA) kunt produceren als bouwstof voor verf, diervoeding, geur- of smaakstoffen, dan sla je twee vliegen in een klap, stelt Niels van Stralen van Chaincraft: "Niet alleen krijgt het afval zo een hogere toegevoegde waarde, ook bieden deze vetzuren een goed alternatief voor discutabele want weinig duurzame producten als palmolie, die hiervoor nu gebruikt worden."

Bron: vakblad Afval! Nr. 2 april 2017

Groente- en fruitresten krijgen steeds vaker een zinvolle bestemming door omzetting in biogas. Het omzetten in vetzuren is echter waardevoller. Tot nu toe worden vetzuren gemaakt uit oliën en vetten. De demonstratiefabriek van Chaincraft gaat ze produceren uit groente- en fruitafval.

- 1 Leg uit waardoor de uitstoot van CO₂ verminderd wordt als via dit nieuwe proces vetzuren gemaakt worden.
- 2 Leg uit waarom het goed is dat de geproduceerde vetzuren bijvoorbeeld als alternatief voor antibiotica voor dieren kunnen worden gebruikt.

Door de verwerking van groente- en fruitafval door Chaincraft krijgt dit afval een hogere economische waarde en zal dus meer geld opbrengen. Dit kun je aflezen uit de waardepiramide in figuur 1: hoe hoger in de piramide des te meer waarde hebben de producten.



Figuur 1 Waardepiramide

- 3 Geef aan op welke trede(n) in de waardepiramide de toepassingen van de vetzuren thuis horen.

Vetzuren

Chaincraft gaat middellange vetzuren produceren. In het artikel staan drie vetzuren genoemd.

- 4 Noteer de rationele naam van boterzuur en capronzuur (zie Binas).
5 Teken van beide carbonzuurmoleculen de structuurformule.

De rationele naam van caprylzuur is octaanzuur.

- 6 Noteer voor alle drie de vetzuren de molecuulformule. Noteer dat als volgt
Molecuulformule boterzuur:
Molecuulformule capronzuur:
Molecuulformule caprylzuur:

Productie vetzuren

In principe worden niet de vetzuren gemaakt maar de negatieve ionen/de zuurrestionen ervan.

- 7 Geef de naam van een oplossing die je kunt gebruiken om vanuit het zuurrestion het overeenkomstige vetzuur te maken.

Hydrolyse

In het getekende processchema in het eerste artikel staat dat het groente- en fruitafval eerst wordt gehydrolyseerd. Het gaat hierbij onder andere om de omzetting van de cellulose in het afval tot glucose.

- 8 Noteer de reactievergelijking in molecuulformules voor de hydrolyse van cellulose tot glucose.

Ketenverlenging

Nu is het omzetten van organisch materiaal in lange vetzuren gemakkelijker gezegd dan gedaan. Er zijn heel wat jaren onderzoek en laboratoriumproeven aan de universiteit Wageningen aan vooraf gegaan. Het proces van deze zogeheten ketenverlenging gaat in drie stappen: twee fermentatiestappen en een scheidingsstap. De vergisting van het organische materiaal verloopt aanvankelijk hetzelfde als bij de productie van biogas. Tot het moment dat bij de biogasproductie de korte vetzuren die zijn ontstaan bij de vergisting, worden omgezet in methaan en kooldioxide. In plaats daarvan komen de korte vetzuren (VFA) nu in een tweede reactor in aanraking met ethanol en bacteriën. Hierbij ontstaan langere vetzuren, zogeheten capronzuur of C₆-vetzuur. In de derde stap worden de lange vetzuren ten slotte gescheiden en gezuiverd.

Bron: vakblad afval! Nr. 2 april 2017

Het kleinste vetzuurion is het acetaation (ethanoaation). Voor het maken van de iets langere vetzuurionen kan als bouwsteen onder andere het acetaation worden gebruikt. Dit kan eerst gevormd worden uit het lactaation, dat ook gevormd wordt uit het glucosemolecuul.

Primaire fermentatie

In de primaire fermentatie wordt glucose met behulp van enzymen omgezet in lactaationen(C₃H₅O⁻).

9 Noteer de reactievergelijking voor de omzetting van glucose in lactaationen

Lactaationen kunnen reageren met water, waarbij acetaationen, waterstof en koolstofdioxide ontstaan.

10 Noteer de reactievergelijking van deze omzetting.

Productie ethanol

Voor de ketenverlenging is ethanol nodig. Ethanol kan worden gemaakt uit acetaationen door reactie met onder andere H_2 . De waterstof kan gevormd worden uit H^+ ionen met behulp van NADH.

11 Noteer de halfreactie voor de vorming van H_2 uit H^+ ionen.

12 Leg uit of NADH bij de vorming van H_2 oxidator of reductor is.

De vorming van ethanol uit acetaat met behulp van een enzym gaat volgens de reactievergelijking: $CH_3COO^- + H^+ + 2 H_2 \rightarrow CH_3CH_2OH + H_2O$

13 Leg uit of dit een zuur-base reactie of een redoxreactie is.

Ketenverlenging

Uitgaande van het acetaation kun je de keten verlengen zodat de andere korte vetzuren ontstaan.

Het negatieve ion, het zuurrestion van capronzuur heet het caproaation ($C_5H_{11}COO^-$). Het caproaation kan in anaerobe omstandigheden op verschillende manieren worden gevormd.

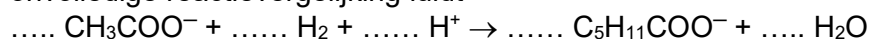
Mogelijkheid 1: Het acetaation (ethanoaation) wordt met behulp van ethanol omgezet in het caproaation waarbij ook water ontstaat.

14 Laat via een reactievergelijking zien hoe het caproaation ($C_5H_{11}COO^-$) via mogelijkheid 1 gevormd kan worden.

15 Leg uit dat er meerdere korte vetzuren zijn waaruit je een capryloaation ($C_7H_{15}COO^-$) kunt vormen

16 Leg uit waardoor de ketens van de via mogelijkheid 1 gevormde korte vetzuren steeds twee koolstofatomen atomen verschillen.

Mogelijkheid 2: Het acetaation/ethanoaat ion reageert met waterstof in zuur milieu. De onvolledige reactievergelijking luidt



17 Neem de onvolledige reactievergelijking van mogelijkheid 2 over en vul de ontbrekende coëfficiënten aan zodat de vergelijking kloppend is.

Berekeningen

Het bedrijf Chaincraft wil in de demonstratiefabriek op termijn $1 \cdot 10^6$ kg vetzuren per jaar produceren. De vraag is hoeveel groente- en fruitafval ze daarvoor nodig hebben. Ter vereenvoudiging mag je rekenen met cellulose als opgesplitst in glucose. Daarnaast bevat het afval natuurlijk ook glucose. Het gemiddelde totale glucose gehalte van (droog) afval neem je als 8 massa %.

18 Toon aan dat geldt: $1 \text{ mol glucose} \equiv 2/3 \text{ mol } C_5H_{11}COO^-$. Maak hierbij gebruik van de reactievergelijkingen in deze opgave.

Chaincraft streeft ernaar om $1 \cdot 10^6$ kg “vetzuren” te produceren.

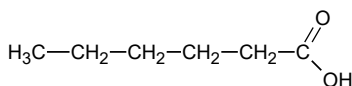
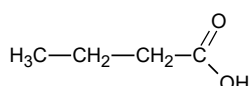
19 Bereken hoeveel ton groente- en fruitafval er nodig is om $1 \cdot 10^6$ kg $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COO}^-$ te produceren.

Het artikel noemt de geplande fabriek een demonstratiefabriek.

20 Wat wordt bedoeld met een demonstratiefabriek?

Amsterdams biotechbedrijf bouwt demonstratiefabriek voor vetzuren

- 1 Het afval zal niet meer worden verbrand in verbrandingsovens waarbij CO₂ vrij komt.
- 2 Een belangrijk nadeel van antibiotica is dat bacteriën er ongevoelig voor kunnen worden. Dat heet resistentie. Hoe vaker je antibiotica gebruikt, hoe groter de kans dat bacteriën resistent worden. Als vetzuren een antibacterieel effect hebben, hoef je geen gebruik te maken van antibiotica.
- 3 Gebruik in veevoer, dus trede Voeding. In verf om bijvoorbeeld algengroei tegen te gaan: trede Chemie en materialen.
- 4 Boterzuur: butaanzuur. Capronzuur: hexaanzuur.
- 5



- 6 Molecuulformule boterzuur: C₄H₈O₂ (C₃H₇COOH). Molecuulformule hexaanzuur: C₆H₁₂O₂ (C₅H₁₁COOH). Molecuulformule octaanzuur: C₈H₁₆O₂ (C₇H₁₅COOH).
- 7 Bijvoorbeeld zoutzuur, het zuurrestion reageert met H⁺ uit de oplossing.
- 8 (C₆H₁₀O₅)_n + n H₂O → n C₆H₁₂O₆
- 9 C₆H₁₂O₆ → 2 C₃H₅O₃⁻ + 2 H⁺
- 10 C₃H₅O₃⁻ + H₂O → CH₃COO⁻ + 2 H₂ + CO₂
- 11 2 H⁺ + 2 e⁻ → H₂
- 12 H⁺ is oxidator dus NADH is reductor.
- 13 Een redoxreactie H₂ is hier reductor.
- 14 CH₃COO⁻ + 2 CH₃CH₂OH → C₅H₁₁COO⁻ + 2 H₂O
- 15 Je kunt uit acetaat en ethanol rechtstreeks het capryloaat maken. Je hebt dan de mol verhouding acetaat en ethanol 1 : 3 nodig.
Je kunt ook eerst het butanoaat maken CH₃COO⁻ + CH₃CH₂OH → C₃H₇COO⁻ + H₂O en dat laten reageren met ethanol C₃H₇COO⁻ + CH₃CH₂OH → C₅H₁₁COO⁻ + H₂O.
- 16 In feite voeg je steeds de twee C atomen van ethanol aan het vetzuur toe.
- 17 3 CH₃COO⁻ + 4 H₂ + 2 H⁺ → C₅H₁₁COO⁻ + 4 H₂O
- 18 CH₃COO⁻ + 2 CH₃CH₂OH → C₅H₁₁COO⁻ + 2 H₂O (antwoord vraag 14) Voor 1 mol C₅H₁₁COO⁻ heb je 1 mol CH₃COO⁻ en 2 mol CH₃CH₂OH nodig. 2 mol ethanol wordt gemaakt uit 2 mol CH₃COO⁻ (. Voor 1 mol C₅H₁₁COO⁻ dus 3 mol CH₃COO⁻ nodig. 3 mol CH₃COO⁻ hiervoor is nodig 3 mol C₃H₅O⁻ (antwoord vraag 10) ofwel 3/2 mol glucose (antwoord vraag 9) voor 1 mol C₅H₁₁COO⁻, ofwel 1 mol glucose ≡ 2/3 mol C₅H₁₁COO⁻.
- 19 1.10⁶ kg C₅H₁₁COO⁻ ≡ 1.10⁹/115,2 = 8,68.10⁶ mol C₅H₁₁COO⁻ ≡ 2/3 x 8,68.10⁶ mol C₆H₁₂O₆ = 5,79.10⁶ ≡ 5,79.10⁶ x 180,16 = 1,04. 10⁹ g glucose = 1,04.10⁶ kg glucose ≡ 100/8 x 1,0.10⁶ kg afval = 1,3.10⁷ kg afval = 1,30.10⁴ ton afval.
- 20 Dat ze naar een nog grotere fabriek toe willen, maar deze demonstratiefabriek eerst bouwen om alles uit te proberen en de werking aan te tonen.

Opmerking: in deze opgave is bij de omzettingen meer gekeken naar de chemische kant ervan, het is een vereenvoudiging van enzymatische biologische processen waarbij Co-enzym A betrokken is (zie bijvoorbeeld hierna figuur in toelichting beta-oxidation).

Van afval naar hoogwaardige vetzuren

Afval wordt nu vaak omgezet in energie, warmte en brandstoffen. ChainCraft gaat een stap verder: in de nieuwe fabriek zet het GFT om in hoogwaardige biochemicalïën.



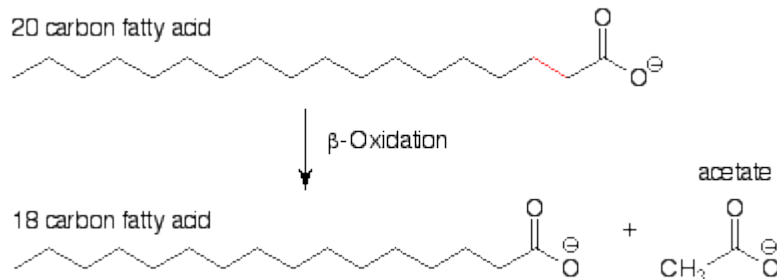
Bron: <https://fd.nl/ondernemen/1196713/chaincraft-gaat-op-grotere-schaal-biologische-vetzuren-maken>

Opmerking

Het verlengen van de keten heet *reverse* beta-oxidation.

Onder beta-oxidatie verstaat men het verkorten van de vetzuur keten waarbij een acetaat/ethanoaat afsplitst.

The overall scheme of beta-oxidation looks like this:



From this we can see that the outcome of a beta-oxidation "event" is that two carbon atoms are cleaved from a fatty acid. The bond broken is between the alpha and beta carbons. (This accounts for the term "beta-oxidation.") The gamma carbon shows up in the product as a carboxylic acid. This carboxylic acid, two carbons shorter than its "parent," can be shortened by another trip through the beta-oxidation process, with the production of another molecule of acetate and a new fatty acid, again two carbons shorter. That the reactions all occur at the carboxylic acid end of the molecule rather than at the CH_3 end is not surprising, since a fundamental idea of organic chemistry is that reactions occur at functional groups rather than elsewhere.

<http://chemistry2.csudh.edu/rpendarvis/BioOrg.html>

4 Steps of β -oxidation

1. Dehydrogenation of the fatty acyl-CoA to make a trans double bond between α and β carbon.

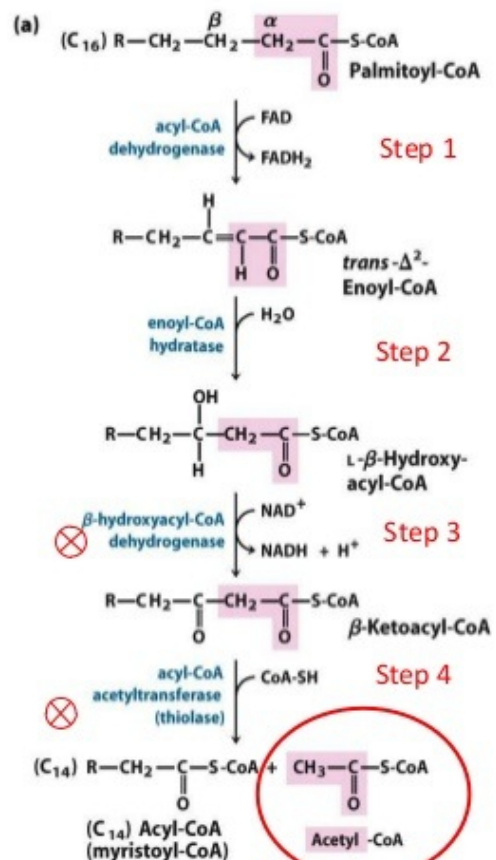
- Short, medium, and long chain acyl-CoA dehydrogenases
- e^- removed transferred to FAD

2. Hydration of the double bond

1. Dehydrogenation of the β -hydroxyl group to a ketone

- e^- removed transferred to NAD^+

1. Acylation – addition of CoA and production of acetyl-CoA



Artikel: [http://www.engineeringnet.nl/detail_nederland.asp?Id=18691&titel=Amsterdams biotechbedrijf bouwt demonstratiefabriek voor vetzuren&category=technologie](http://www.engineeringnet.nl/detail_nederland.asp?Id=18691&titel=Amsterdams+biotechbedrijf+bouwt+demonstratiefabriek+voor+vetzuren&category=technologie)
Film Chaincraft (Nederlands gesproken): informatie die aansluit bij processchema in artikel, <https://www.youtube.com/watch?v=dyClbtXF1Xg>

CARBIDSCHIETEN KOST GEEN KLAP I

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbrandingen
Trefwoorden	Carbid, explosie, melkbus, ethyn, aansteken.
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Gelderlander, 28 december 2016

Carbidschieten kost geen klap

Als je een gezellige dag wilt hebben ga je carbid schieten.

Al moet ik wel voor ik deze hobby kan uitoefenen, een aanhanger regelen en een plek vinden waar ik mag staan. Dat is per definitie buitende bebouwde kom. Als ik begin, komen mensen vanzelf op het geluid af.



Naast Gerco staat inmiddels ook zijn zoon van dertien te knallen.

„Met die kleine buis. En altijd met gehoorbescherming en een veiligheidsbril. Je moet weten wat je doet. Het zijn vooral jonge knapen die op zijn advertentie bieden. Ze hebben in de gaten dat ze voor 15 euro de hele dag kunnen schieten- Vergeleken met vuurwerk, kost hetgeen klap. Van een boer heb ik geleerd hoeveel carbid ik moet gebruiken. Kleine brokjes en dan een beetje water in het vulbakje. De bal gaat in de buis en dan is het wachten tot zich genoeg gas heeft ontwikkeld. Bij het ontstekingsgaatje trek je het kapje eraf. Gas ontsnapt, gasbrander erbij en bam!"

Carbidschieten doet men aan het eind van het jaar. Carbid is een stof met de formule CaC_2 , calciumacetylide.

1 Leg uit dat carbid een vaste stof is.

Een hoeveelheid carbid wordt in een melkbus gebracht en er wordt daarna een beetje water toegevoegd. Het carbid reageert met het water waarbij calciumhydroxide, Ca(OH)_2 , en ethyn, C_2H_2 , ontstaan.

2 Geef de reactievergelijking voor de vorming van ethyn weer.

3 Leg uit dat hierdoor een explosief gasmengsel in de melkbus ontstaat.

De melkbus heeft in de bodem een kleine opening. Na enige tijd wordt de vlam van een gasbrander bij de opening gehouden waarna in de bus een explosie optreedt.

- 4 Wat versta je onder een explosie?
- 5 Geef de vergelijking van de optredende reactie.
- 6 Leg uit waarom er een vlam (bijvoorbeeld van een gasbrander) nodig is om de explosie te laten plaatsvinden.

Carbidschieten kost geen klap I

- 1 Er staat dat er brokjes carbid worden toegevoegd.
- 2 $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO}_2\text{H}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$.
- 3 Er ontstaat een gas, ethyn, dat zich mengt met de lucht (zuurstof) die in de melkbus zit. Dit levert een explosief gasmengsel op.
- 4 Een explosie is een supersnelle verbranding.
- 5 $2 \text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 6 De reactie moet eerst aangestoken (geactiveerd) worden.

Opmerking. U kunt wellicht in het kader van de opgave ook aandacht besteden aan onderstaand artikel

Leeuwarder Courant, 1 januari 2017

Slachtoffers carbidschieten wacht lang herstelproces

De twee slachtoffers die op oudjaarsdag vielen bij het carbidschieten in Mûnein en Broeksterwâld, hebben allebei zeer zware verwondingen.

In Broeksterwâld raakte een twaalfjarige jongen uit het dorp gewond. Bij het omdraaien van een melkbus schoot de bus omhoog in zijn gezicht. De jongen heeft meerdere schedelbreuken en mogelijk blijvende hersenschade. Ook moet hij een oog missen. Het slachtoffer wacht een lange revalidatie.

In Mûnein, in het weiland tegenover café het Mounehoekje, ontplofte een carbidbus tegen het been van Klaas Rijpma. Die laat op Facebook weten: „Ik ben vanmorgen zwaargewond aan het linkeronderbeen geraakt, doordat de onderkant van een carbidbus eruit knalde. Ben inmiddels geopereerd maar 't kuitbeen en scheenbeen zijn zwaar verbrijzeld en de pezen hebben een knoei gehad.” Rijpma verwacht dat zijn herstel „een lange weg” wordt.

Beide carbidploegen hielden het na de ongelukken voor gezien.

Burgemeester Sicko Heldoorn besloot zaterdag de officiële start van de BOCK-campagne (Bewust Oplettende Carbid Knaller) bij carbidploeg De Finnen in Feanwâlden vanwege het ongeluk af te gelasten. In plaats daarvan bracht hij zaterdagmiddag een bezoek aan de getroffen carbidploeg in Broeksterwâld. „Zij waren verslagen”, volgens Heldoorn. Volgens hem valt gemeente noch carbidploeg iets te verwijten. „Maar dan kunnen er dus nog steeds van dit soort nare ongelukken gebeuren.”

CARBIDSCHIETEN KOST GEEN KLAP II

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbrandingen
Trefwoorden	Carbid, explosie, melkbus, ethyn, aansteken.
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

De Gelderlander, 28 december 2016

Carbidschieten kost geen klap

Als je een gezellige dag wilt hebben ga je carbid schieten.

Al moet ik wel voor ik deze hobby kan uitoefenen, een aanhanger regelen en een plek vinden waar ik mag staan. Dat is per definitie buitende bebouwde kom. Als ik begin, komen mensen vanzelf op het geluid af.



Naast Gerco staat inmiddels ook zijn zoon van dertien te knallen.

„Met die kleine buis. En altijd met gehoorbescherming en een veiligheidsbril. Je moet weten wat je doet. Het zijn vooral jonge knapen die op zijn advertentie bieden. Ze hebben in de gaten dat ze voor 15 euro de hele dag kunnen schieten- Vergeleken met vuurwerk, kost hetgeen klap. Van een boer heb ik geleerd hoeveel carbid ik moet gebruiken. Kleine brokjes en dan een beetje water in het vulbakje. De bal gaat in de buis en dan is het wachten tot zich genoeg gas heeft ontwikkeld. Bij het ontstekingsgaatje trek je het kapje eraf. Gas ontsnapt, gasbrander erbij en bam!"

Carbidschieten doet aan het eind van het jaar. Carbid is een stof met de formule CaC_2 , calciumacetyliden.

- 1 Leg uit dat carbid een zout is.
- 2 Geef de formules van de beide ionen waaruit carbid opgebouwd is..

Een hoeveelheid carbid wordt in een melkbus gebracht en er wordt daarna een beetje water toegevoegd. Het carbid reageert met het water waarbij calciumhydroxide en ethyn, C_2H_2 , ontstaan.

- 3 Geef de reactievergelijking voor de vorming van ethyn weer.
- 4 Leg uit dat hierdoor een explosief gasmengsel in de melkbus ontstaat.
- 5 Laat via een berekening zien of deze reactie exotherm of endotherm is. Maak hierbij gebruik van Binas tabel 57A en 57B. Verder is gegeven dat de vormingswarmte van carbid $-0,63 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ is.

De melkbus heeft aan de achterzijde een kleine opening.

Na enige tijd wordt de vlam, bijvoorbeeld van een gasbrander, bij de opening gehouden waarna een explosie optreedt.

- 6 Wat versta je onder een explosie?
- 7 Geef de vergelijking van de optredende reactie.
- 8 Leg uit waarom er een vlam (van een gasbrander) nodig is om de explosie te laten plaatsvinden.

Carbidschieten kost geen klap II

- 1 Het is een verbinding van een metaal met een niet-metaal.
- 2 CaC_2 bestaat uit calciumionen, Ca^{2+} , en acetylide-ionen, C_2^{2-} .
- 3 $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$.
- 4 Er ontstaat een gas, ethyn, dat zich mengt met de lucht (zuurstof) die in de melkbus zit. Dit levert een explosief gasmengsel op.
- 5 $\text{reactiewarmte} = +0,63 \cdot 10^5 + 2 \times +2,86 \cdot 10^5 - 9,85 \cdot 10^5 + 2,27 \cdot 10^5 = -1,23 \cdot 10^5 \text{ J}$. Dus de reactie is exotherm.
- 6 Een explosie is een supersnelle verbranding.
- 7 $2 \text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 8 De reactie moet eerst aangestoken/geactiveerd worden.

Opmerking. U kunt wellicht in het kader van de opgave ook aandacht besteden aan onderstaand artikel

Leeuwarder Courant, 1 januari 2017

Slachtoffers carbidschieten wacht lang herstelproces

De twee slachtoffers die op oudjaarsdag vielen bij het carbidschieten in Mûnein en Broeksterwâld, hebben allebei zeer zware verwondingen.

In Broeksterwâld raakte een twaalfjarige jongen uit het dorp gewond. Bij het omdraaien van een melkbus schoot de bus omhoog in zijn gezicht. De jongen heeft meerdere schedelbreuken en mogelijk blijvende hersenschade. Ook moet hij een oog missen. Het slachtoffer wacht een lange revalidatie.

In Mûnein, in het weiland tegenover café het Mounehoekje, ontplofte een carbidbus tegen het been van Klaas Rijpma. Die laat op Facebook weten: „Ik ben vanmorgen zwaargewond aan het linkeronderbeen geraakt, doordat de onderkant van een carbidbus eruit knalde. Ben inmiddels geopereerd maar 't kuitbeen en scheenbeen zijn zwaar verbrijzeld en de pezen hebben een knoei gehad.” Rijpma verwacht dat zijn herstel „een lange weg” wordt.

Beide carbidploegen hielden het na de ongelukken voor gezien.

Burgemeester Sicko Heldoorn besloot zaterdag de officiële start van de BOCK-campagne (Bewust Oplettende Carbid Knaller) bij carbidploeg De Finnen in Feanwâlden vanwege het ongeluk af te gelasten. In plaats daarvan bracht hij zaterdagmiddag een bezoek aan de getroffen carbidploeg in Broeksterwâld. „Zij waren verslagen”, volgens Heldoorn. Volgens hem valt gemeente noch carbidploeg iets te verwijten. „Maar dan kunnen er dus nog steeds van dit soort nare ongelukken gebeuren.”

HOE KOMETEN ZUURSTOF VORMEN

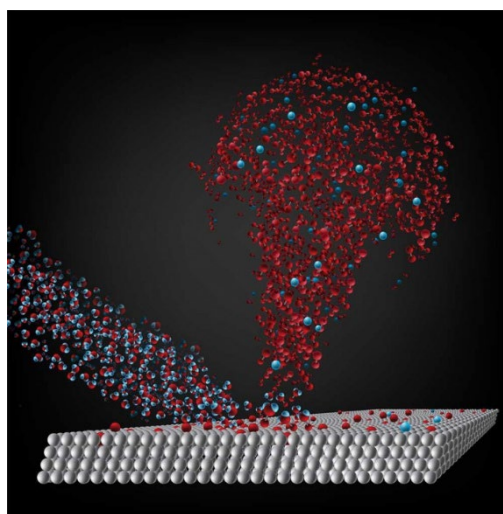
Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	redox
Trefwoorden	Zuurstof, heelal, Eley-Ridealmechanisme,
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 2 juni 2017

Hoe kometen zuurstof vormen

Dat kometen moleculaire zuurstof genereren, is niet zo gek. Met een Eley-Ridealmechanisme kun je het uitstekend verklaren, schrijft Caltech-procestechnoloog Konstantinos Giapis in *Nature Communications*.

De Rosetta-sonde ontdekte die zuurstof twee jaar geleden in de nevel rond de komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Chemisch gezien was dat een verrassing: in het heelal is O_2 uiterst zeldzaam omdat het maar al te gemakkelijk verder reageert met waterstof of koolstof. De beste verklaring die men kon verzinnen was dat die zuurstof was ingevroren tijdens het ontstaan van de komeet, miljarden jaren geleden, en dat er bij passage van de zon telkens iets van vrijkwam.



Dat er 'iets' op die komeet leeft dat aan fotosynthese doet, zou ook een verklaring kunnen zijn, zij het een heel erg onwaarschijnlijke.

Maar Giapis en postdoc Yunxi Yao stellen nu dat O_2 ook in situ kan worden gegenereerd op zo'n komeetoppervlak zonder dat er biologische processen aan te pas komen. Ze schetsen een scenario waarbij watermoleculen verdampen, vervolgens door uv-straling van de zon worden geïoniseerd tot H_2O^+ , en daarna door de zonnewind weer tegen het komeetoppervlak worden geblazen.

Je mag aannemen dat dat oppervlak is bedekt met allerlei oxides zoals ijzer- en siliciumoxide. Als een waterion daar met voldoende kinetische energie tegenaan ketst kan het een zuurstofatoom uit zo'n oxide meesleuren. Katalyse-experts zullen hier een Eley-Ridealmechanisme in herkennen.

Het gevormde H_2O-O (volgens sommigen 'oxywater') is instabiel en valt uiteen in H^+ en HO_2^- . Dat laatste ion desintegreert verder zodat je eerst O_2^- en daarna O_2 krijgt.

Het is niet meer dan een hypothese maar volgens Giapis' berekeningen, en een paar inleidende experimenten, moet het kunnen en is het consistent met wat de Rosetta-sonde rond die komeet heeft gemeten.

bron: Caltech

De Rosetta-sonde ontdekte de aanwezigheid van moleculair zuurstof in de nevel rondom een komeet. Vrije zuurstof komt slechts zelden voor in het heelal.

1 Leg uit welke verklaring hiervoor gegeven wordt.

Meestal reageert de vrije zuurstof 'maar al te gemakkelijk' verder.

- 2 Welke reactieproducten zullen daarbij ontstaan? Licht je antwoord toe.
- 3 Wat is de beste verklaring tot nu toe waarom er toch vrije zuurstof in het heelal aanwezig is.

De onderzoekers Giapis en Yunxi Yao bedachten een nieuwe verklaring. In het nieuwe scenario speelt water een belangrijke rol.

- 4 Beschrijf in woorden de stappen die plaatsvinden in het nieuwe scenario.
- 5 Geef de stappen in reactievergelijkingen weer.

Het nieuwe scenario is slechts een hypothese.

- 6 Waarom heeft men vertrouwen in de hypothese?

Niet overal in het artikel wordt de juiste terminologie voor de processen gebruikt.

- 7 Geef commentaar op de zinsnede '....waarbij watermoleculen verdampen...'.

Hoe kometen zuurstof vormen

- 1 Het reageert snel weg met waterstof of koolstof.
- 2 Waterstof zal ermee reageren tot water, koolstof tot koolstofdioxide.
- 3 Dat die zuurstof was ingevroren tijdens het ontstaan van de komeet, miljarden jaren geleden, en dat er bij passage van de zon telkens iets van vrijkwam.
- 4 Watermoleculen verdampen door de zonne-energie.
Vervolgens worden ze door het zonlicht geïoniseerd tot H_2O^+ .
Daarna botsen die deeltjes door de zonnewind tegen het oppervlak van de komeet aan waarbij ze uit oxides zuurstofionen opnemen en $\text{H}_2\text{O}-\text{O}$ (oxywater) vormen.
Dit valt uiteen in H^+ en HO_2^- . En HO_2^- wordt daarna omgezet in O_2^- en dan in O_2 .
- 5 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$.
 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + \text{e}^-$.
 $\text{H}_2\text{O}^+ + \text{O}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}-\text{O}$.
 $\text{H}_2\text{O}-\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{HO}_2^-$.
 $\text{HO}_2^- \rightarrow \text{H} + \text{O}_2^-$. En daarna: $\text{O}_2^- \rightarrow \text{O}_2 + \text{e}^-$.
- 6 Berekeningen van onderzoeker Giapis en een paar inleidende experimenten ondersteunen de Rosetta-metingen.
- 7 Hier worden micro (watermoleculen) en macro (verdampen) door elkaar en dus niet juist gebruikt.

NEDERLANDSE SLOTEN OPVALLEND GOED IN ONSCHADELIJK MAKEN MESTSTOFFEN

Versie I

Klas	4 h,v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Zouten
Trefwoorden	Oppervlaktewater, fosfaten, milieu, mestbeleid, oplosbaarheid, verhoudingsformule
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Versie II

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reactie; Bindingen,structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Oplosbaarheid zouten, redoxreactie
Trefwoorden	Oppervlaktewater, ijzerionen, fosfaten, mestbeleid
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.volkskrant.nl, 7 juni 2017



Nederlandse sloten opvallend goed in onschadelijk maken meststoffen

De slechte invloed van fosfaat op de waterkwaliteit in Nederland is minder groot dan gedacht. Nederlandse sloten en vaarten blijken extreem goed te zijn in het onschadelijk maken van deze meststof. Dat concludeert Bas van der Grift van onderzoeksinstituut Deltares in het proefschrift dat hij vrijdag verdedigt aan de Universiteit Utrecht.

Fosfaat zit onder meer in de mest van koeien, varkens en kippen. Als het uit de bodem spoelt en in het oppervlaktewater terechtkomt, kan dat schadelijk zijn voor het milieu. Een overschot aan fosfaat veroorzaakt algenbloei, waardoor het zuurstofgehalte in het water daalt en vissen en andere waterdieren sterven. Fosfaatrijk water ziet er vaak uit als groene soep en ruikt naar verrotting.

Bijzonder efficiënt

Maar in Nederland kunnen de algen nog niet eens de helft van het fosfaat uit het oppervlaktewater gebruiken, ontdekte Van der Grift. Het water bevat hier veel ijzer, dat met fosfaat reageert en vervolgens neerslaat op de waterbodem. Door de kunstmatige inrichting van het Nederlandse watersysteem met zijn polders en stuwen, stroomt het water traag waardoor de ijzerfosfaat-verbinding daarna niet snel meer omhoog werfelt.

Dat fosfaat met ijzer reageert, was al bekend, vertelt Van der Grift. 'IJzer wordt om die reden ook gebruikt bij de waterzuivering.' Dat het in het oppervlaktewater neerslaat als een ijzerfosfaat-mineraal is echter een nieuwe ontdekking, en juist dat maakt de reactie bijzonder efficiënt. Het gaat snel, en er worden grote hoeveelheden fosfaat opgenomen - met name in sloten en vaarten.

Oene Oenema, hoogleraar duurzaam bodemgebruik bij de Universiteit Wageningen, die zelf niet aan de studie meewerkte, spreekt van een origineel en goed uitgevoerd onderzoek dat nieuwe inzichten heeft opgeleverd. Hoe sterk het effect is verschilt per plek, legt Oenema uit. 'Het ijzer komt vanuit het grondwater in het oppervlaktewater terecht, en dat gebeurt niet overal in dezelfde mate.'

Mestbeleid

In het mestbeleid zou hier voortaan rekening mee moeten worden gehouden, vindt Van der Grift. Het zou het logisch zijn de toegestane uitstoot afhankelijk te maken van het water waar het fosfaat uiteindelijk in terecht komt.

Op dit moment wordt bij het doorrekenen van maatregelen heel gedetailleerd naar de aanvoer gekeken, vertelt Van der Grift. 'De verdeling van de geproduceerde mest is bij wijze van spreken per perceel geregeld. Maar om te kijken wat die fosfaat in het water doet, gaat men er gemakshalve van uit dat het effect overal hetzelfde is. Wij hebben aangetoond dat dat niet klopt.'

Versie I

In Nederland wordt goed in de gaten gehouden of stoffen uit dierlijke mest in het milieu terecht komen.

Zowel fosfaat- als nitraationen uit de mest werken als een 'bemesting' van het oppervlaktewater. Door deze ionen kunnen algen overvloedig groeien. Dit wordt algenbloei genoemd.

- 1 Noem de gevolgen van algenbloei.

Veel fosfaat 'verdwijnt' uit het Nederlandse oppervlaktewater op natuurlijke wijze door de aanwezigheid van 'ijzer'.

In de waterzuivering wordt ook 'ijzer' gebruikt om fosfaat te verwijderen. Het betreft hier ijzer(III)ionen. Je kunt hieruit afleiden dat ijzer(III)fosfaat slecht oplosbaar is in water.

- 2 Leg uit dat het belangrijk is dat het ijzer(III)fosfaat slecht oplosbaar is in water.
- 3 Geef de reactievergelijking voor de verwijdering van fosfaat door ijzer(III)ionen.

Uit het onderzoek van Bas van der Grift blijkt dat in het oppervlaktewater ook een andere reactie optreedt waardoor fosfaationen worden weggenomen. In het oppervlaktewater ontstaat daarbij een ijzerfosfaatmineraal. Blijkbaar is dit iets anders dan ijzer(III)fosfaat. Er

ontstaat een neerslag van twee zouten door elkaar, een zogenaamd dubbelzout. Dit bevat zowel ijzer(III)ionen als fosfaationen en hydroxideionen: $\text{Fe}_x(\text{OH})_y(\text{PO}_4)_z$. Een voorbeeld van zo'n zout is $\text{Fe}_4(\text{OH})_9\text{PO}_4$.

4 Laat door een berekening zien dat $\text{Fe}_4(\text{OH})_9\text{PO}_4$ geen lading heeft.

De concentraties van de ionen hebben invloed op de formule van het dubbelzout dat ontstaat.

5 Leg uit wat de invloed van een hoge concentratie fosfaationen is op het getal z in het dubbelzout.

Door de inrichting van ons watersysteem verdwijnt het gevormde dubbelzout naar de bodem.

6 Leg uit hoe het komt dat het dubbelzout 'verdwijnt'.

Volgens het onderzoek van van der Grift zou het mestbeleid van de overheid aangepast moeten worden.

7 Op welke manier zou het mestbeleid aangepast moeten worden?

Dit onderzoek is niet toepasbaar op de nitraathuishouding van boerderijen.

8 Leg uit hoe dit komt.

Versie II

In Nederland wordt goed in de gaten gehouden of stoffen uit dierlijke mest in het milieu terecht komen.

Zowel fosfaat- als nitraationen uit de mest werken als een 'bemesting' van het oppervlaktewater. Door deze ionen kunnen algen overvloedig groeien. Dit wordt algenbloei genoemd.

1 Noem de gevolgen van algenbloei.

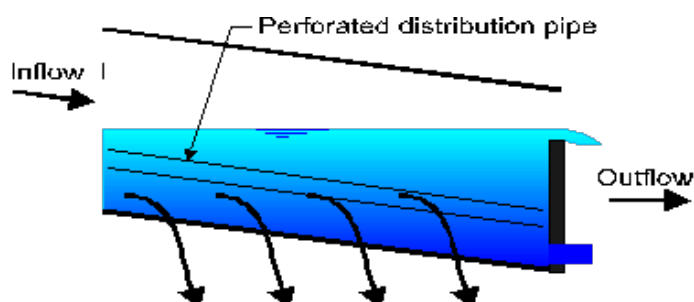
Veel fosfaat 'verdwijnt' uit het Nederlandse oppervlaktewater op natuurlijke wijze door de aanwezigheid van 'ijzer'.

In de waterzuivering wordt daarnaast 'ijzer' gebruikt om fosfaat te verwijderen. Het betreft hier ijzer(III)ionen. Je kunt hieruit afleiden dat ijzer(III)fosfaat slecht oplosbaar is in water.

2 Leg uit dat het belangrijk is dat het ijzer(III)fosfaat slecht oplosbaar is in water.

3 Geef de reactievergelijking voor de verwijdering van fosfaat door ijzer(III)ionen.

In het onderzoek van Bas van der Grift is nagegaan hoe het fosfaat vanuit de mest uiteindelijk in het oppervlaktewater terecht komt en welke processen daarbij een rol spelen.



Uitspoelingswater

Figuur 1 Een model voor de waterstroming in een weiland

De meeste weilanden in Nederland zijn gedraineerd. Men heeft (zie in het model in figuur 1) op drie plaatsen het vrije fosfaation, $\text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$, gemeten. Je hebt het grondwater van het weiland, het grondwater dat via de drainagepijp (uitspoelingswater) afvloeit naar het oppervlaktewater en het oppervlaktewater zelf.

Grondwater bevat weinig zuurstof en vaak veel Fe^{2+} -ionen. In het uitspoelingswater bleek de $[\text{Fe}^{2+}]$ laag. Bijna alle Fe^{2+} is geoxideerd naar Fe^{3+} voordat het in de sloot terecht komt. Bij deze oxidatie ontstaat $\text{FeOOH}(\text{s})$ volgens de onvolledige reactievergelijking:



- 4 Neem de onvolledige reactievergelijking over en maak hem kloppend.
- 5 Leg uit waarom de pH van het water belangrijk is.
- 6 Leg uit waarom deze oxidatie in het grondwater niet optreedt, maar in de drainagebuizen wel.

In de winter is de omzetting van Fe^{2+} veel langzamer dan in de zomer.

- 7 Geef een reden waarom de omzetting in de winter langzamer verloopt dan in de zomer.

De oxidatie van de ijzerionen vindt plaats op de grens tussen grondwater en oppervlaktewater. In het water bevinden zich ook vrije fosfaationen. Uit dit onderzoek blijkt dat het fosfaat in ditzelfde gebied zeer snel wordt omgezet in een slecht oplosbare stof. Altijd is gedacht dat het fosfaat min of meer werd geadsorbeerd door het FeOOH , maar deze snelle omzetting geeft aan dat er ook fosfaat mineralen gevormd worden. Deze mineralen zijn dubbelzouten met Fe^{3+} , O^{2-} , OH^- en PO_4^{3-} ionen.

- 8 Leg uit waarom de $[\text{Fe}^{2+}]$ in het grondwater een bepalende factor zal zijn voor hoeveelheid fosfaat die wordt omgezet.

De molverhouding tussen Fe^{3+} : PO_4^{3-} moet ongeveer 2 : 1 zijn om alle fosfaat vast te kunnen leggen.

- 9 Geef de meest eenvoudige formule voor een dubbelzout dat aan deze verhouding voldoet. Licht je antwoord toe.

De fosfaationen die vastgelegd zijn in de mineralen slaan neer op de bodem en komen bijna niet terug als vrije ionen in het water. In het artikel staat nog een reden genoemd waarom deze mineralen neergeslagen blijven.

- 10 Noem deze reden.

Dit onderzoek is niet toepasbaar op de nitraathuishouding van boerderijen.

- 11 Leg uit hoe dit komt.

Volgens Van der Grift zal men voortaan bij het mestbeleid rekening moeten houden met het water waarin het fosfaat wordt geloosd.

- 12 Geef in maximaal 100 woorden weer waarom volgens deze onderzoeker het mestbeleid afhankelijk moet zijn van zowel het grondwater ter plekke als het oppervlakte water waarin het terecht komt.

Nederlandse sloten opvallend goed in onschadelijk maken meststoffen

Versie I

- 1 Het zuurstofgehalte daalt en vissen en andere waterdieren sterven.
- 2 Doordat het ijzer(III)fosfaat slecht oplosbaar is, slaat het neer en leg je het fosfaation vast.
- 3 $\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{FePO}_4$
- 4 4 Fe^{3+} samen: 12+
9 OH^- samen: 9-
 PO_4^{3-} : 3-.
Dus 12+ en 12-, samen neutraal
- 5 Dan zullen er meer fosfaationen reageren met Fe^{3+} en z wordt dus groter.
- 6 Het mineraal slaat neer op de bodem. Door de inrichting van het Nederlandse watersysteem stroomt het water erg rustig en hierdoor dwarrelt het mineraal niet op en blijft op de bodem liggen.
- 7 Het mestbeleid is algemeen georganiseerd. Maar verschillende plaatsen in Nederland, kan het gehalte aan Fe-ionen in het grondwater totaal verschillend zijn, waardoor er verschillende hoeveelheden fosfaationen in het oppervlaktewater belanden. Het mestbeleid zou aangepast moeten worden aan de plek.
- 8 Nitraten zijn allemaal oplosbaar in water. Deze slaan dus niet neer.

Versie II

- 1 Het zuurstofgehalte daalt en vissen en andere waterdieren sterven.
- 2 Doordat het ijzer(III)fosfaat slecht oplosbaar is, slaat het neer en leg je het fosfaation vast.
- 3 $\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{FePO}_4$
- 4 $4 \text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeOOH} + 3 \text{Fe}^{3+} + \text{OH}^-$
- 5 Wanneer de pH onder de 7 komt, geldt er $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$. Dan ontstaan er geen hydroxide-ionen om het mineraal te vormen.
- 6 In het grondwater is geen O_2 aanwezig. In de drainagebuizen bevindt zich wel lucht.
- 7 Temperatuur is lager in de winter, dus reactiesnelheid minder groot.
- 8 De concentratie Fe^{2+} bepaalt samen met de concentratie zuurstof hoeveel Fe^{3+} er gevormd wordt op de grens tussen grondwater en oppervlaktewater. Je hebt Fe^{3+} nodig om fosfaationen vast te leggen.
- 9 2 Fe^{3+} en PO_4^{3-} , samen lading 3+, nog compenseren door 3- via OH^- en O^{2-} . Zo eenvoudig mogelijke verhoudingsformule: $\text{Fe}_2\text{OOHPO}_4$.
- 10 Door de inrichting van het Nederlandse watersysteem stroomt het water erg rustig en hierdoor dwarrelt het mineraal niet op en blijft op de bodem liggen.
- 11 Nitraten zijn allemaal oplosbaar in water. Deze slaan dus niet neer.
- 12 Belangrijke factoren:
 - $[\text{Fe}^{2+}]$ in het grondwater
 - $[\text{O}_2]$ in de drainagebuizen en in het oppervlaktewater
 - De hoeveelheid fosfaat die geloosd wordt
 - De temperatuur
 - De pH van zowel grondwater als oppervlaktewater.
 - De stroomsnelheid van het oppervlaktewater.Deze factoren dragen allemaal bij aan de vorming van vastgelegd fosfaat en het vasthouden van het vastgelegde fosfaat.
Deze factoren verschillen per perceel. Dus een mestbeleid dat afhankelijk is van het perceel lijkt verstandig.

Opmerking: De fosfaat- en nitraationen komen vooral uit de mest die de veeteelt produceert. Daarom is er op Europese schaal een mestbeleid geformuleerd, waar boeren zich aan moeten houden.

De boeren moeten een mestboekhouding bijhouden, zodat er niet een teveel aan fosfaten en nitraten in het oppervlaktewater terecht komt.

<http://www.volkskrant.nl/wetenschap/nederlandse-sloten-opvallend-goed-in-onschadelijk-maken-meststoffen~a4499315/>

<https://www.uu.nl/agenda/promotie-ijzerhoudend-grondwater-als-fosforvreter>

BASISCH BAD VOOR BIOMETHAAN

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redox
Trefwoorden	Soda, biomethaan, koolstofdioxide, pH
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 16 juni 2017

Basisch bad voor biomethaan

In Siberische sodameren zitten micro-organismen die methaan produceren bij 55 °C en pH 10. Dat opent perspectieven voor de biomassavergisting, denken Russische en Nederlandse onderzoekers die het bestaan van deze bizarre soorten zojuist onthulden in *Nature Microbiology*.



In een persbericht legt de Delftse mede-auteur Mark van Loosdrecht uit dat methaan uit biomassa gewoonlijk ook CO₂ bevat, die je er uit moet halen voordat je het biogas kunt gebruiken als alternatief voor aardgas. Dat kost nogal wat energie. Bij pH 10 blijft die CO₂ vanzelf achter in het aanwezige water.

De nieuwkomers zijn voorlopig ingedeeld in de klasse der Methanonatronarchaea, die deel uitmaakt van de Euryarchaeota. Eerste auteur Dimitry Sorokin, een Rus die als gastdocent verbonden is aan de TU Delft, ontdekte ze in het zuidoosten van Siberië, in meren die iets van 4M Na⁺ bevatten. Er zitten zout- en sodameren bij met respectievelijk Cl⁻ en CO₃²⁻ als tegenion; de bijbehorende pH's zijn respectievelijk 7 en 9,5 à 10. Uit beide soorten water heeft Sorokin Methanonatronarchaea kunnen isoleren: de sodavariant heet AMET (*alkaliphilic methylotrophic thermophilic*), de chloridevariant HMET (*halophilic methylotrophic thermophilic*).

Beiden stammen af van andere methaanproducenten, en lijken tijdens de aanpassing aan extreme milieus vooral genen te zijn kwijtgeraakt. Ze maken methaan uit methylgroepen die ze afknippen van extern aangevoerde organische verbindingen, met als elektronendonor formiaat of H₂ dat eveneens van buiten moet komen. Daarnaast heeft AMET ijzersulfide (FeS) nodig, maar waarvoor is nog totaal onduidelijk.

bron: Nature Microbiology, TU Delft

De wonderen zijn de wereld nog niet uit! Siberische sodameren bevatten micro-organismen die bij 55 °C en pH = 10 methaan produceren.

- 1 Wat versta je onder soda?
- 2 Leg uit dat bij aanwezigheid van soda de pH een hoge waarde kan bereiken.
- 3 Leg uit dat een NaCl-oplossing een pH van 7 zal hebben.

De micro-organismen maken methaan uit organische verbindingen. Bij de vergisting van deze verbindingen in de biomassa ontstaat een mengsel van methaan en koolstofdioxide.

- 4 Geef de reactievergelijking voor de vergisting van cellulose, $(C_{12}H_{22}O_{11})_n$.
- 5 Leg uit dat bij de vorming van biogas in een basische omgeving het vrijkomende gas vrijwel alleen methaan bevat.

Bij de vorming van methaan knippen de micro-organismen methylgroepen af van 'extern aangevoerde organische verbindingen'. Door 'methylgroepen af te knippen' van deze verbindingen kan methanol gevormd worden.

- 6 Geef de reactievergelijking van de methanolvorming. Gebruik voor de organische verbinding $R-CH_3$

Uit de methanol kan nu methaan gevormd worden. Waterstof of formiaat, $HCOO^-$ kan bij dit proces als elektronendonor gebruikt worden.

- 7 Laat zien hoe beide deeltjes als elektronendonor werkzaam zijn.
- 8 Geef de halfreactie waarbij uit methanol methaan ontstaat.
- 9 Geef ook de totaalvergelijking die optreedt bij zowel waterstof als formiaationen als elektronendonor.
- 10 Bij welk proces kunnen de gevonden micro-organismen volgens de onderzoekers een rol gaan spelen?

Basisch bad voor biomethaan

- 1 Soda is de naam voor natriumcarbonaatdecahydraat.
- 2 Soda bevat carbonaationen die als redelijk sterke base werkzaam zijn.
- 3 NaCl bevat geen zuur of basisch deeltje dus zal het een neutrale oplossing zijn met $\text{pH} = 7$.
- 4 $(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})_n + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6n \text{CH}_4 + 6n \text{CO}_2$.
- 5 De vrijkomende koolstofdioxide wordt in de basische oplossing omgezet in carbonaationen (CO_3^{2-}) en waterstofcarbonaationen (HCO_3^- , bicarbonaationen) en die blijven daarin dus achter.
- 6 $\text{R-CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R-H} + \text{CH}_3\text{OH}$
- 7 Waterstof: $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2 \text{e}^-$. Formiaat: $\text{HCOO}^- + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HCO}_3^- + 2 \text{e}^-$.
- 8 $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{OH}^-$.
- 9 Waterstof: $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$.
Formiaat: $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HCOO}^- \rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}_3^-$.
- 10 Het proces bidet perspectieven voor de biomassavergisting.

KOOLSTOFDIOXIDE-UITSTOOT DOOR MENSEN

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbrandingen
Trefwoorden	Koolstofdioxide, milieu, kringloop, fossiele brandstoffen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Quest, juni 2017



Hoeveel kooldioxide stoten mensen uit door uit te ademen

De gemiddelde mens ademt grofweg 500 liter kooldioxide per dag uit, wat neerkomt op ongeveer een kilo. Vermenigvuldig je dat met een wereldbevolking van zeven miljard, dan kom je uit op zeven miljard kilo per dag, zo'n 2500 miljoen ton per jaar. Dat is ongeveer zeven procent van de hoeveelheid kooldioxide die afkomstig is van de uitstoot van fossiele brandstoffen en industrie (zo'n 35 miljard ton per jaar)., De kooldioxide die wij opnemen en uitstoten is overigens geen 'extra' uitstoot, zoals de uitstoot door het verbranden van kolen of benzine, Het maakt al deel uit van de natuurlijke kringloop,

Niet alleen fabrieken en auto's, maar ook mensen stoten koolstofdioxide uit. De gemiddelde mens ademt ongeveer 500 liter koolstofdioxide per dag uit.

- 1 Bij welk proces wordt door de mens koolstofdioxide gevormd?
- 2 Geef de vergelijking van de daarbij optredende reactie.
- 3 Laat met behulp van een berekening zien dat 500 liter koolstofdioxide overeenkomt met ongeveer 1 kilogram koolstofdioxide.

Er worden nog meer getallen genoemd.

- 4 Laat via een berekening zien of de getallen die genoemd worden met elkaar overeenkomen.

Er wordt gesproken over 'extra' koolstofdioxide en over de natuurlijke kringloop.

- 5 Leg uit dat 'extra' koolstofdioxide slaat op het gebruik van fossiele brandstoffen en dat de natuurlijke kringloop slaat op de uitstoot van de mens.

Koolstofdioxide-uitstoot door mensen

- 1 Bij de verbranding van glucose in de cellen.
- 2 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$.
- 3 Dichtheid CO_2 (273 K en p_0) is $1,986 \text{ kg m}^{-3} = 1,986 \text{ g dm}^{-3}$. Dus $500 \text{ L} \equiv 500 \times 1,986 = 993 \text{ g} = 0,993 \text{ kg}$.
- 4 7 miljard mensen stoten dan 7 miljard kg koolstofdioxide per dag uit, dus jaarlijks $7 \cdot 10^9 \times 365 = 2,6 \cdot 10^{12} \text{ kg} = 2,6 \cdot 10^9 \text{ ton} = 2,6 \text{ miljard ton}$. Dit is 7% van de totale uitstoot. Dus totaal $100\% = 100/7 \times 2,6 \text{ miljard ton} = 37 \text{ miljard ton}$. De industrie neemt 93% voor haar rekening $= 93/100 \times 37 \text{ miljard ton} = 34 \text{ miljard ton}$.
Conclusie: de getallen komen redelijk met elkaar overeen.
- 5 Extra koolstofdioxide is koolstofdioxide die nog niet in de kringloop aanwezig was. De koolstof uit de fossiele brandstoffen zat nog niet in de natuurlijke kringloop.
De mens stoot koolstofdioxide uit die al wel in de natuurlijke kringloop aanwezig was: via fotosynthese is de glucose gevormd die door het voedsel wordt geleverd..

COVESTRO WINT BELANGRIJKE CHEMISCHE BASISSTOF UIT BIOMASSA

Klas	4,5 hv, 5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Anthranilaat, biomassa, reactiemechanisme, groene chemie
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.biobasedeconomy.nl, 1 juni 2017

Covestro wint belangrijke chemische basisstof uit biomassa

Covestro heeft een doorbraak bereikt in het onderzoek naar het gebruik van plantaardige grondstoffen voor de productie van kunststoffen. Aniline, een belangrijke chemische basisstof, kan nu uit biomassa worden gewonnen. De materialenproducent is daarin geslaagd door samen met partners een volledig nieuw procedé te ontwikkelen, in eerste instantie in het laboratorium. Tot nu toe werden alleen fossiele grondstoffen gebruikt voor de productie van aniline, dat als grondstof dient voor talloze producten.

Na het succes in het laboratorium wil Covestro het nieuwe procedé nu verder ontwikkelen met partners uit de industrie en onderzoekswereld. Daarvoor wordt het procedé op grotere schaal toegepast in een proefinstallatie met als uiteindelijke doel de productie van aniline uit biomassa op industriële schaal mogelijk te maken.

Wereldwijd wordt jaarlijks ongeveer 5 miljoen ton aniline geproduceerd en het totale volume neemt op jaarbasis nog met gemiddeld vijf procent toe. Met een productiecapaciteit van circa één miljoen ton is Covestro een van de belangrijkste producenten. Het bedrijf heeft aniline nodig voor de productie van polyurethaan-hardschuim, een isolatiemateriaal voor gebouwen en koelsystemen.

Suiker uit stro

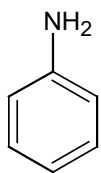
Momenteel wordt aniline verkregen uit benzeen, een grondstof afgeleid van aardolie. Maar in de plaats daarvan kan suiker worden gebruikt, dat al op industriële schaal wordt gewonnen uit bijvoorbeeld maïs, stro en hout. In het nieuw ontwikkelde procedé wordt een micro-organisme gebruikt als katalysator om de industriële suiker eerst om te zetten in een voorproduct voor aniline. In een tweede stap wordt dan aniline afgeleid via chemische katalyse. De koolstof in de aniline is voor honderd procent afkomstig uit hernieuwbare grondstoffen.

Covestro werkt samen met de universiteit van Stuttgart, het CAT Catalytic Center van de RWTH Universiteit Aken en Bayer AG aan de verdere ontwikkeling van het procedé.

Het bedrijf Covestro heeft een nieuw procedé ontwikkeld om de stof aniline te maken. Covestro gebruikt daarvoor plantaardige grondstoffen.

- 1 Leg uit waarom het belangrijk is dat Covestro een alternatieve route heeft gevonden voor de productie van aniline.

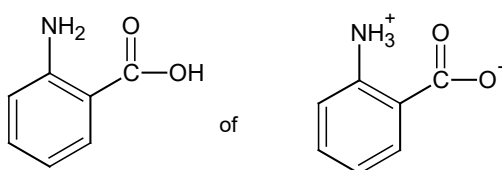
In figuur 1 staat de structuurformule van het anilinemolecuul.



Figuur 1

2 Noteer de systematische/rationele naam van aniline.

Uit bijvoorbeeld mais, stro of hout kunnen suikers worden gewonnen. De stof die Covestro allereerst uit de suikers produceert is anthranilaat, 2-aminobenzeencarbonzuur (figuur 2).

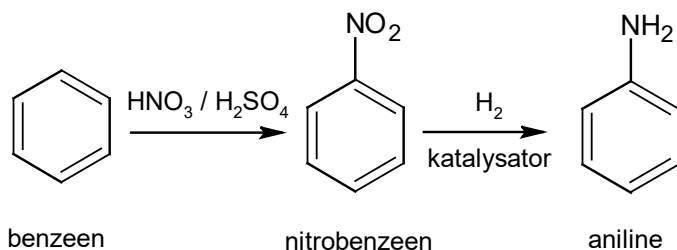


Figuur 2 Structuurformule anthranilaat.

Het anthranilaat wordt omgezet in aniline.

3 Noteer de naam van de stof die naast aniline uit anthranilaat ontstaat.

Momenteel wordt jaarlijks ongeveer 5 miljoen ton aniline gemaakt uit benzeen dat afkomstig is uit aardolie. In figuur 3 staat de gebruikelijke productieroute van aniline uit benzeen weergegeven.



Figuur 3 Van benzeen naar aniline

4 Bereken hoeveel ton benzeen men, bij gebruik van de nieuwe route, niet meer nodig heeft voor de jaarproductie van 5 miljoen ton aniline.

Vanuit glucose naar aniline

De omzetting van glucose in aniline kent zeer veel deelstappen.

In tabel 1 staan de molverhoudingen gegeven van de belangrijke enzymatische deelstappen om vanuit glucose aniline te maken.

Tabel 1

	Reageert		Levert	
A	1 mol glucose		1 mol erythrose	
B	1 mol glucose		2 mol pyruvaat	
C	1 mol erythrose	1 mol pyruvaat	1 mol shikimate	
D	1 mol shikimate	1 mol pyruvaat	1 mol chorismaat	
E	1 mol chorismaat		1 mol anthranilaat	1 mol pyruvaat
F	1 mol anthranilaat		1 mol aniline	

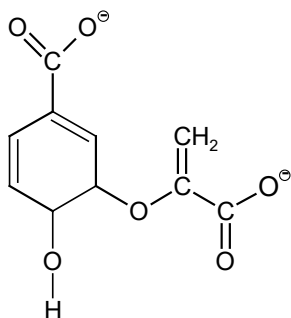
- 5 Toon met behulp van de gegevens in tabel 1 aan dat geldt 1 mol aniline $\equiv$ 1,5 mol glucose. Ga er hierbij van uit dat recycling van stoffen mogelijk is.
- 6 Bereken hoeveel ton glucose men nodig heeft voor de jaarproductie van 5 miljoen ton aniline.

De glucose voor het nieuwe proces wint men uit biomassa.

- 7 Leg uit welk bestanddeel in de biomassa de stof glucose zal leveren.

Veel stappen

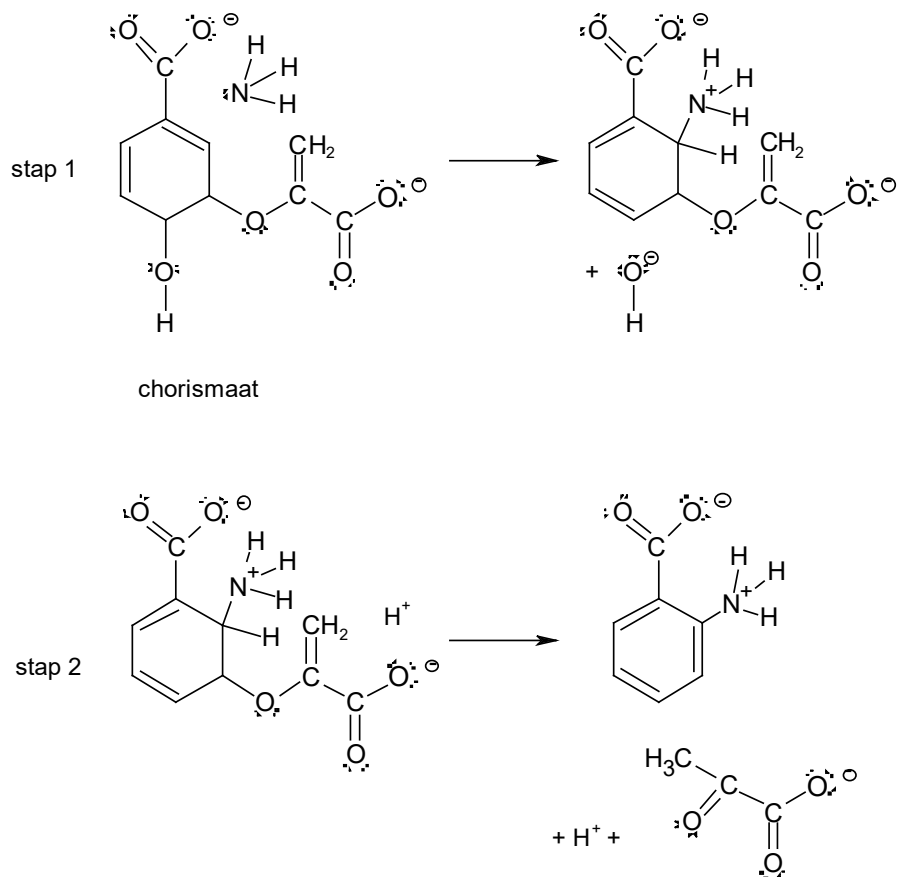
Allereerst wordt glucose met behulp van micro-organismen via glycolyse, in ongeveer tien stappen, omgezet in pyruvaat. Langs een andere route wordt uit glucose erythrose gevormd. Met behulp van andere enzymen wordt vervolgens het pyruvaat samen met de erythrose omgezet in chorismaat (figuur 4).



Figuur 4 Structuurformule chorismaat

Door aan een oplossing van chorismaat NH_3 toe te voegen ontstaat anthranilaat met behulp van het enzym anthranilaat synthase.

In figuur 5 staat het mechanisme van deze laatste reactie zonder elektronenverplaatsingen weergegeven.



Figuur 5

8 Geef in de bijlage de elektronenverplaatsingen in dit mechanisme weer.

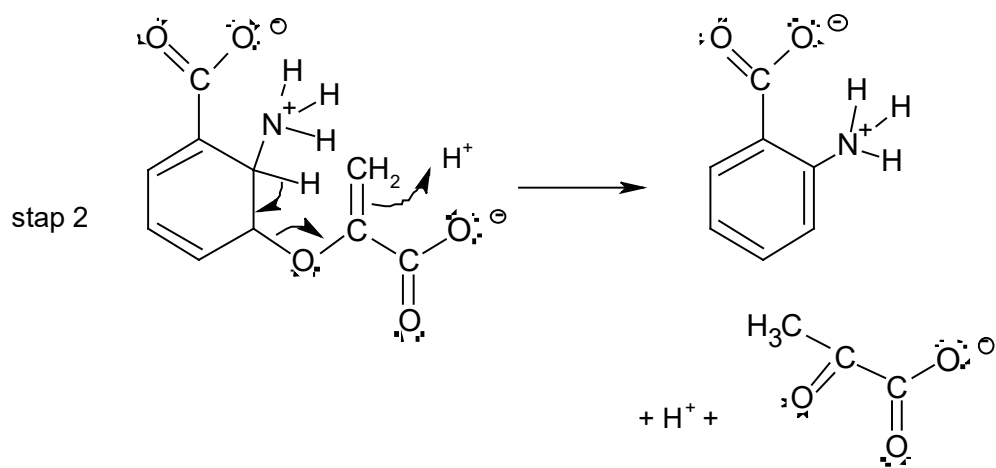
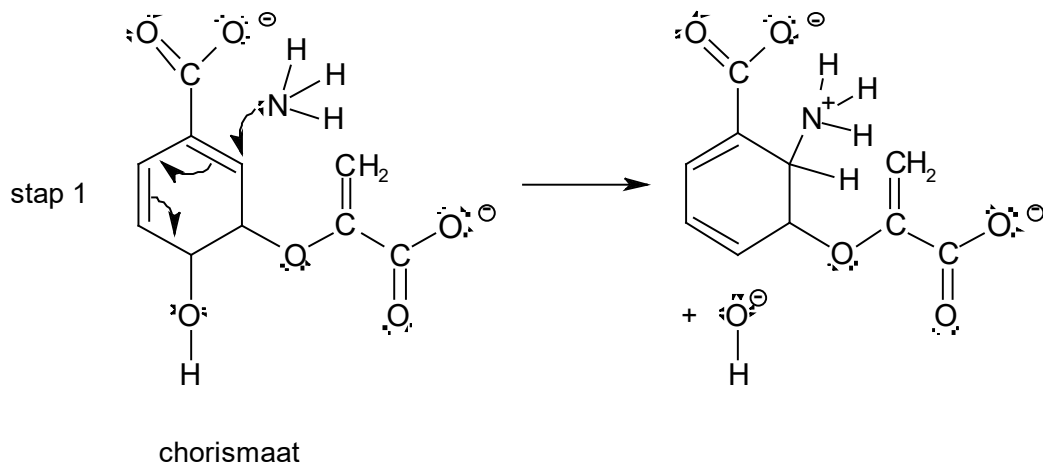
Groene chemie

Tot nu toe werd aniline uit fossiele grondstoffen gemaakt. Het nieuwe procedé gebruikt biomassa. Men zou die nieuwe route een 'groene route' kunnen noemen. De twaalf uitgangspunten in de Groene chemie staan in Binas tabel 97F.

9 Geef de nummers van de uitgangspunten die van toepassing zijn voor het nieuwe procedé.

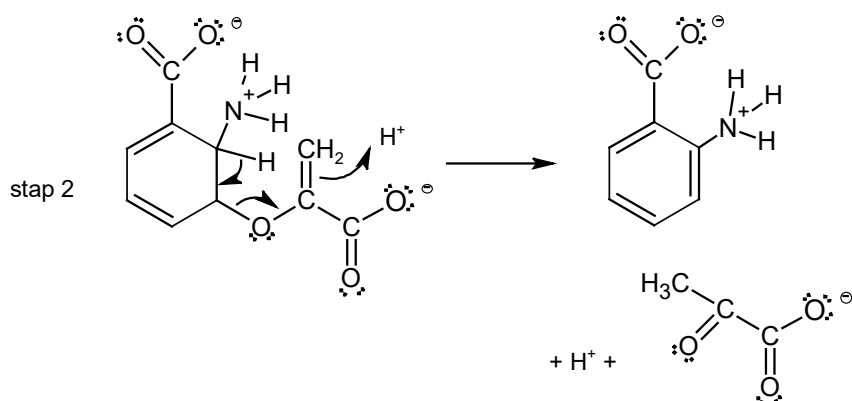
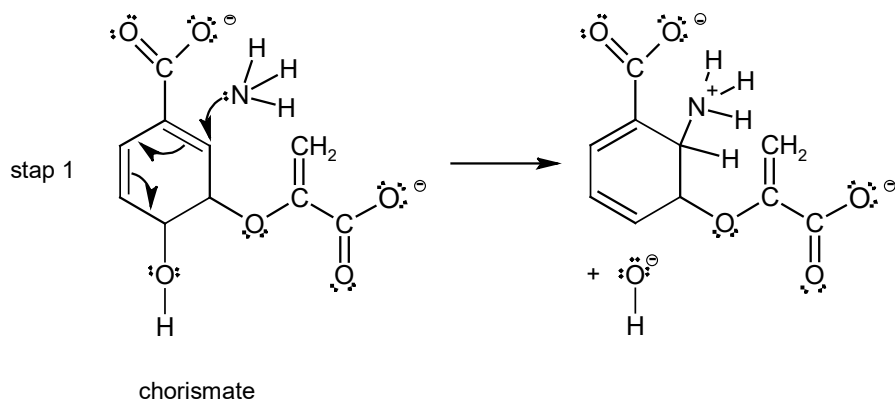
Bijlage

Antwoord vraag 8



Covestro wint belangrijke chemische basisstof uit biomassa

- 1 Minder afhankelijkheid van fossiele grondstoffen.
- 2 Aminobenzene
- 3 Koolstofdioxide
- 4 Molaire massa aniline ($C_6H_5NH_2$) = $6 \times 12,01 + 7 \times 1,008 + 14,01 = 93,126 \text{ g/mol}$.
 $1 \text{ mol aniline} \equiv 1 \text{ mol benzeen}$. 5 miljoen ton aniline = $5 \cdot 10^6 \cdot 1000 \text{ kg aniline} =$
 $5 \cdot 10^9 / 93,126 = 53,69 \cdot 10^6 \text{ kmol aniline} \equiv 53,69 \cdot 10^6 \text{ kmol benzeen} \equiv 53,69 \cdot 10^6 \times 78,114$
 $= 4,2 \cdot 10^9 \text{ kg benzeen} = 4,2 \cdot 10^6 \text{ ton benzeen}$.
- 5 Pyruvaat die vrijkomt in stap E kan worden gebruikt voor stap D. Voor 1 mol aniline is nodig 1 mol pyruvaat en 1 mol erythrose. Voor 1 mol pyruvaat is nodig 0,5 mol glucose. Voor 1 mol erythrose is nodig 1 mol glucose. Dus voor 1 mol aniline nodig 1,5 mol glucose.
- 6 5 miljoen ton aniline = $5 \cdot 10^6 \cdot 1000 \text{ kg aniline} = 5 \cdot 10^9 / 93,126 = 53,69 \cdot 10^6 \text{ kmol aniline} \equiv$
 $1,5 \times 53,69 \cdot 10^6 \text{ kmol glucose} = 80,54 \cdot 10^6 \text{ kmol glucose} \equiv 80,54 \cdot 10^6 \times 180,16 =$
 $14,5 \cdot 10^9 \text{ kg glucose} = 14,5 \cdot 10^6 \text{ ton glucose}$.
- 7 Biomassa bevat onder andere cellulose. Dit is de bron voor de glucose.
- 8

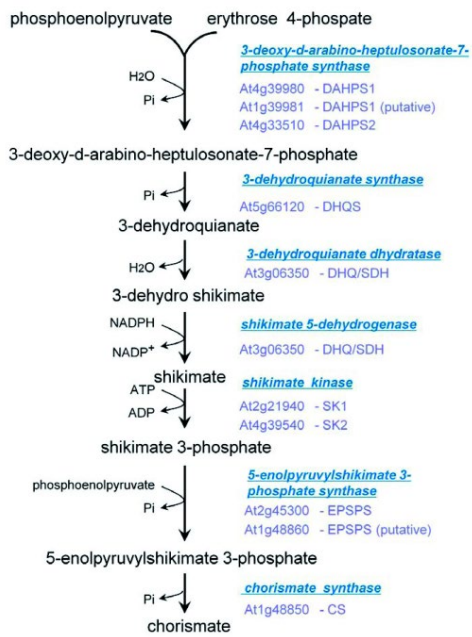


9 Nummer 3, 7, 9, 12

Opmerking: met vraag 8 is de opgave geschikt voor 5, 6 v. Zonder deze vraag kunt u deze opgave ook gebruiken voor 4 hv en 5 h.

Artikel: <http://www.biobasedeconomy.nl/2017/06/01/covestro-wint-belangrijke-chemische-basisstof-uit-biomassa/>

Vorming chorismaat:



VOLTACHEM SCHAALT DUURZAME PRODUCTIE MIERENZUUR OP

Klas	5 hv
Subdomein	Energie Industriële processen en Groene chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Duurzaamheid
Trefwoorden	Brandstoffen, elektrische energie, mierenzuur, CO ₂ voetafdruk
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

Chemie magazine, mei 2017

VOLTACHEM SCHAALT DUURZAME PRODUCTIE MIERENZUUR OP

Shared Innovation Program VoltaChem werkt de komende twee jaar aan een project waarin CO₂ met duurzame elektriciteit op grote schaal wordt omgezet in mierenzuur. Dit kan worden ingezet als brandstof, als conserveringsmiddel in diervoeders, voor energieopslag en als bouwsteen voor de chemische industrie.

Tot op heden wordt mierenzuur vrijwel uitsluitend geproduceerd uit fossiele grondstoffen. Op laboratorium-schaal is aangetoond dat mierenzuur ook kan worden geproduceerd met behulp van CO₂ en elektriciteit. Daarbij wordt eerst water met elektriciteit omgezet in waterstof en zuurstof. De waterstof wordt vervolgens gebruikt om de CO₂ met behulp van elektriciteit om te zetten in mierenzuur. Het project *'Power-FA: Direct electrochemical conversion of CO₂ to formic acid'* zet de volgende stap in de ontwikkeling van dit proces naar een industrieel niveau. Eind 2017 wordt een elektrochemische reactor opgeleverd die op kleine schaal continu mierenzuur produceert met gebruik van fluctuerende hoeveelheden energie uit zon en wind. Op basis van de resultaten wil VoltaChem in 2018 aantonen dat het proces ook op industriële schaal kan worden toegepast.

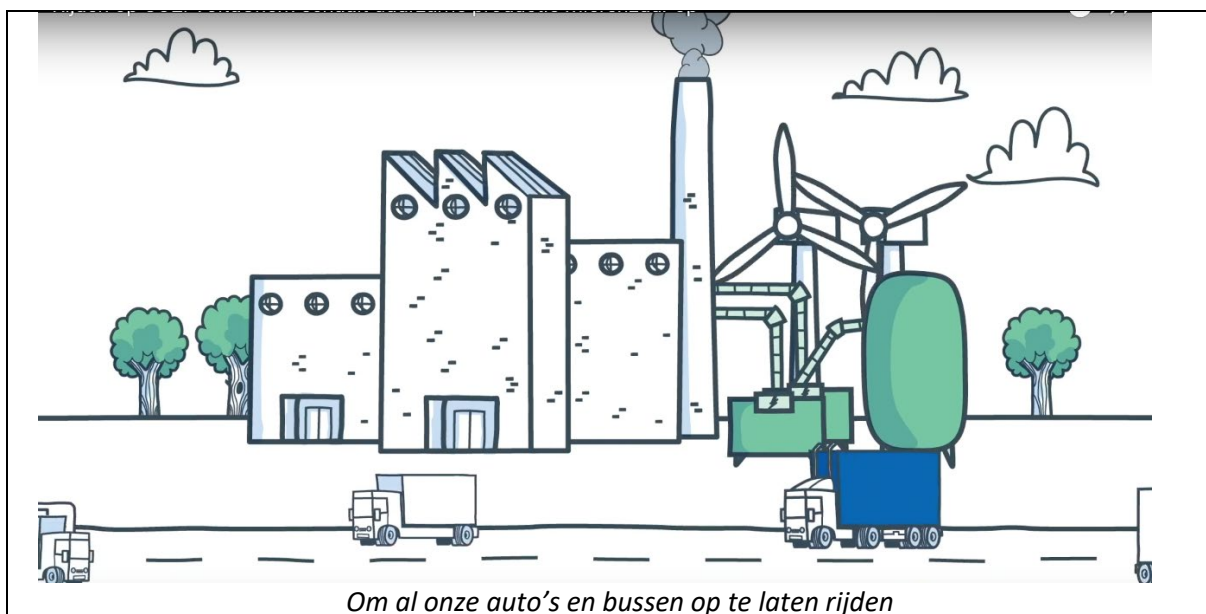
Door CO₂ als grondstof te benutten en door duurzaam opgewekte energie te gebruiken, ontstaat CO₂-neutraal mierenzuur.

Een ander voordeel is dat mierenzuur als vloeibaar en relatief veilig opslagmedium voor waterstof kan worden gebruikt, bijvoorbeeld als brandstof in voertuigen. Waterstof heeft als nadeel dat het onder hoge druk opgeslagen moet worden en dat het erg brandbaar is. Tot slot kan in mierenzuur duurzame energie worden opgeslagen bij overproductie van wind of zonne-energie.

Het project wordt uitgevoerd onder de vlag van Shared Innovation Program VoltaChem, een initiatief van de Topsector Chemie.

Dit moet de chemische industrie competitiever, innovatiever en duurzamer maken. De volgende partijen werken hierin samen: TNO, Coval Energy, TU Delft, CE Delft, Mestverwerking Friesland en Team FAST. Het project wordt medegefinancierd door RVO.nl.

www.voltachem.com/fa;
http://bit.ly/_qvusVN



Mierenzuur kan worden geproduceerd met behulp van CO₂ en elektriciteit, zegt het artikel.

- 1 Welke stof ontbreekt in deze bewering?

In het artikel staat de zin: 'Daarbij wordt eerst water met elektriciteit omgezet in waterstof en zuurstof'. Deze zin is, chemisch gezien, onzorgvuldig geformuleerd.

- 2 Leg uit waarom deze formulering onzorgvuldig is. Verbeter de zin, zodat deze zorgvuldig geformuleerd is.

Het gevormde waterstof wordt gebruikt om mierenzuur te produceren.

- 3 Geef de systematische naam van mierenzuur.
- 4 Geef in molecuulformules de reactievergelijking voor de beschreven vorming van mierenzuur.
- 5 Leg uit hoe men ervoor willen zorgen dat mierenzuur zoveel mogelijk met behulp van duurzame energie wordt geproduceerd.

Er wordt een aantal pluspunten genoemd van mierenzuur. De pluspunten hebben of te maken met de productiemethode of met de toepassing van het geproduceerd mierenzuur.

- 6 Noteer de pluspunten die genoemd worden in het artikel en geef aan of ze te maken hebben met de productie of de toepassing van mierenzuur.
- 7 Leg de kreet 'Power-2-FA' uit.

Bij het artikel staat een illustratie.

- 8 Leg uit of deze illustratie chemische informatie biedt. Zo ja, welke? Zo nee, wat is dan de functie van de afbeelding?

Het zo geproduceerde mierenzuur kan men onder andere toepassen als waterstofdrager in elektrische bussen.

- 9 Leg uit wat er met het mierenzuur moet gebeuren om waterstof effectief te kunnen gebruiken als brandstof.

Omdat elektriciteit moeilijk is op te slaan, schakelt men tot nu toe vaak de duurzame opwekking van stroom uit bij overproductie. Je zou mierenzuur kunnen gebruiken om duurzame energie in op te slaan.

- 10 Leg uit welke stappen je dan moet nemen om het teveel aan elektriciteit toch te kunnen gebruiken.

Voetafdruk

Onder voetafdruk verstaan we de invloed die bepaald gedrag heeft op onze aarde. Bij een studie naar de voetafdruk betreffende CO₂ zijn de volgende productie routes vergeleken.

- (a) Een traditionele productie van mierenzuur uit koolstofmono-oxide en water bij hoge temperaturen. De benodigde energie is voornamelijk afkomstig uit fossiele brandstoffen.*
- (b) De in het artikel genoemde productieweg met behulp van elektriciteit, afkomstig uit fossiele brandstoffen.*
- (c) De in het artikel genoemde productieweg met behulp van elektriciteit, afkomstig uit duurzame energiebronnen.*

- 11 Geef de reactievergelijking voor de traditionele productie van mierenzuur.
- 12 Geef aan welke van de drie wegen a, b of c de meest duurzame weg is. Leg uit waarom dit zo is. Gebruik in je uitleg zowel CO₂ hoeveelheden uit het proces als eventueel geproduceerde CO₂ bij het leveren van energie.

Voltachem schaaft duurzame productie mierenzuur op

- 1 Waterstof.
- 2 Elektriciteit levert de energie om de reactie te laten verlopen. Water reageert dus niet MET elektriciteit.
Beter is : Onder invloed van elektriciteit ontleedt water in zuurstof en waterstof.
Of: Door elektrolyse van water ontstaan waterstof en zuurstof.
- 3 Methaanzuur.
- 4 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HCOOH}(\text{l})$
- 5 Men wil zowel energie van wind als van zon gebruiken.
- 6 Productie: duurzaam door gebruik van wind- en zonne-energie, en door gebruik van CO_2 als grondstof.
Toepassing: Mierenzuur is veiliger te gebruiken dan waterstof, omdat mierenzuur een vloeistof is en niet onder hoge druk hoeft te worden opgeslagen.
- 7 Power: kracht, uit de wind of zon verkregen energie.
2: to (t(w)o), dus naar
FA: formic acid, mierenzuur.
Dus omzetting m.b.v. duurzame energie in mierenzuur.
- 8 Nee, het lijkt puur om de indruk te wekken dat het om duurzaamheid gaat met de windmolens! Als illustratie dus. Een blokschema had meer informatie geboden.
- 9 Dan moet het mierenzuur weer ontleed worden in CO_2 en H_2 .
- 10 De elektriciteit gebruiken om waterstof mee te maken. Vervolgens het waterstof omzetten in mierenzuur. Wanneer er weer vraag is naar elektriciteit het mierenzuur ontleden en zo de waterstof weer vrij maken en hiermee elektriciteit opwekken.
- 11 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ en dan $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HCOOH}(\text{l})$ of direct $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{HCOOH}(\text{l})$
- 12 Bij (a) wordt bij het proces geen CO_2 geproduceerd, maar ook niet weggenomen.
Er komt wel CO_2 vrij bij het verbranden van fossiele brandstoffen.
Bij (b) wordt CO_2 weggenomen bij de productie van het mierenzuur, maar bij de opwekking van de elektriciteit wordt CO_2 geproduceerd..
Bij (c) neem je CO_2 weg om mierenzuur te produceren én maak je geen extra CO_2 , omdat er op een duurzame wijze opgewekte elektriciteit wordt gebruikt.
Dus het gunstigst (c), dan (b), het ongunstigst is (a).

Trailer studentteam laat bus op mierenzuur rijden



© Bart van Overbeeke

Hilde de Laat

Het Eindhovense studententeam FAST presenteerde begin deze maand zijn prototype van mierenzuurtrailer REX

Deze trailer wordt achter een elektrische bus gehangen en laadt accu's in diezelfde trailer tijdens het rijden op met behulp van een brandstofcel. De trailer levert de opgewekte stroom vervolgens aan het accupakket van de bus. Dit accupakket levert weer de stroom naar de motoren. Omdat de accu's in de trailer tijdens het rijden opladen, hoeft de elektrische bus zelf geen groot accupakket aan boord te hebben.

Technisch manager van het team en derdejaars student technische natuurkunde Tijn Swinkels: 'De innovatie van team FAST ligt in het omzetten van het mierenzuur in waterstof. Dat onderdeel is al helemaal werkzaam in ons prototype. Hoe we deze waterstof precies om gaan zetten naar elektriciteit, daar zijn we nu mee bezig.' Mierenzuur (HCOOH) is een verbinding tussen koolzuurgas en waterstof. Een reactor maakt de waterstof vrij, een brandstofcel zet deze middels kathode en anode om in elektriciteit voor de elektromotor van de auto.

Mierenzuurtankstation

Het schaalmodel van 1 m groot en 50 ml aan mierenzuur opschalen naar een heuse trailer van 2 x 1 m met 20 l mierenzuur, valt het team niet mee. 'De meeste bedrijven doen dit stap voor stap, maar wij wilden vanwege de tijdsdruk direct naar grote schaal. Dat betekent dat we nu uit moeten vinden hoe de onderdelen langdurig meegaan en hoe we het mierenzuur constant kunnen omzetten', aldus Swinkels.

Team FAST wil met de mierenzuurtrailer ook aansluiten op de wensen van de branche. 'Het verbouwen van een regulier tankstation naar een mierenzuur-tankstation blijkt vrij simpel. Onze partner Hamer heeft onderzocht dat je voor het geldbedrag dat nodig is om één waterstoftankstation te bouwen, ook honderd mierenzuur-tankstations kunt ontwikkelen. Daarnaast hebben we in de haven van Antwerpen een systeem gezien dat het lekken van het potentieel gevaarlijke mierenzuur tijdens het tanken moet tegengaan. Een speciale koppeling op de tankslang zorgt ervoor dat de pompkop wordt uitgezogen bij het losklikken, zodat er geen mierenzuur weglekt.'

VOGELS VERDWIJNEN VAN DE VELUWE

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Zuren en basen
Trefwoorden	Stikstofneerslag, stikstofuitstoot, kalk, zuur-base, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

de Gelderlander, 16 juni 2017

Onderzoeker: 'Vogel verdwijnt van de Veluwe'

ARNHEM - Het aantal vogels op de Veluwe gaat snel achteruit. Uit nieuw onderzoek blijkt dat door de uitstoot van stikstof het steeds slechter gaat met vogels. Volgens onderzoeker Arnold van den Burg van het bureau Biosphere is het stil aan het worden in de bossen door het verdwijnen van vogels.



Rob Berends

Zwarte mees met gebroken bekken, dijbeen en scheenbeen

Hij deed onderzoek op de Veluwe en constateerde dat bij een derde van de vogels de eierschalen te dun zijn en dat de kuikens zo broos zijn dat ze al in het nest hun pootjes breken. Vogelbescherming Nederland roept politieke partijen op om tijdens de formatie keiharde maatregelen te nemen om de uitstoot van stikstof drastisch te beperken.

Kalk

Stikstof, dat uitgestoten wordt door de intensieve veehouderij en auto's, slaat neer in natuurgebieden. Het lost daar de kalk in de bodem op en dat heeft als gevolg dat dieren te weinig kalk binnenkrijgen. Van der Burg zegt dat hij mezenkuikens vindt met gebroken pootjes en pootjes die van rubber lijken. Ook roofvogels zijn er slecht aan toe, volgens de onderzoeker. Het aantal haviken is volgens hem snel achteruit gegaan.

Uitstoot

Om de uitstoot van stikstof terug te dringen is de overheid in 2015 gestart met het Programma Aanpak Stikstof (PAS). Maar dat is lang niet genoeg, vindt de Vogelbescherming. De stikstofuitstoot moet met 50 procent worden teruggedrongen, vindt de organisatie.

De koolmees legt het loodje door kalkgebrek

Mezenkuikens op de Veluwe zijn vaak zó broos dat ze al in het nestje hun pootjes breken en sterven. Oorzaak: gebrek aan kalk in de bossen. En dat komt weer door te veel stikstof in het milieu, aldus bioloog Arnold van der Burg.

„Als we zo doorgaan, verlaten de laatste spelers het veld. Dan wordt het stil in het bos", waarschuwt bioloog Arnold van der Burg. Hij roept, net als Vogelbescherming Nederland, op tot harde maatregelen.

Van der Burg publiceerde zijn bevindingen over de teloorgang van de vogels deze week in het Vakblad Natuur Bos Landschap.

De broze vogelpootjes zijn het gevolg van verzuring van de grond. Door stikstof slaat ammoniak op de grond, waardoor de kalk in de bodem oplost. Gevaarlijk, want voor vogels, insecten en slakken is kalk onmisbaar. „We vinden nu mezenkuikens met gebroken poten of met pootjes die haast van rubber lijken", vertelt Van der Burg.

De verzuring van de grond is niet wijdverspreid over Nederland. „Het komt vooral voor op droge zandgronden en in heidegebieden."

De zogenaamde arme bossen hebben er vooral onder te lijden, zoals bij Ede op de Veluwe waar Van der Burg een deel van zijn onderzoek uitvoerde. Hij hield in 2002 en 2004 al inventarisaties in dezelfde gebieden, en kon dus de recente staat van verzuring vergelijken. Twaalf jaar geleden waren de koolmezen gezond.

Voedingsstoffen



Een koolmees. © Archiefphoto

De overvloed aan stikstof is niet alleen funest voor het skelet van vogels, het zorgt er ook voor dat bijvoorbeeld eikenbomen afsterven door het gebrek aan essentiële voedingsstoffen in de grond. Daarnaast heeft het invloed op roofvogels en insecten, en is er bij een derde van de eieren van de koolmezen sprake van een veel te dunne schaal, waardoor ze indrogen. De eieren zijn te herkennen aan afwijkend pigment.

In de jaren 80 en 90, toen Nederland werd geconfronteerd met problemen met zure regen,

was er in Nederland ook al de nodige ophef over het gebrek aan kalk in onze bossen. Ook toen waren er meldingen van spontane botbreuken en dunne schalen. „Ik dacht dat deze problemen achter ons lagen. Maar dit jaar is het écht erg", zegt Van der Burg. „Ik vrees dat het weer net zo erg is als in de jaren 90."

Verzuring ontstaat naast stikstof ook door de uitstoot van zwavel. Deze laatste stof is sinds de jaren 90 verminderd. Maar de intensieve veehouderij is toegenomen, met meer stikstofvervuiling (bijvoorbeeld door ammoniak uit mest) tot gevolg. Ook verkeer, energiecentrales en industrie produceren stikstofoxiden.

Op korte termijn is het volgens Van der Burg een oplossing om de bodem te bekalken met grove korrels die vogels kunnen eten. Op lange termijn is dat echter 'dweilen met de kraan open', stelt hij. „De bron van het probleem moet worden aangepakt om de droge, voedselarme ecosystemen weer te herstellen. Dus: minder stikstof. Koolmeesjongen moeten weer op eigen benen kunnen staan."

Onderzoeker Arnold van den Burg waarschuwt dat de vogelstand op de Veluwe snel achteruit gaat. Door de gevolgen van de hoge 'stikstofuitstoot' krijg je daar zwakkere vogels.

- 1 Waar uit zich die zwakheid bij de vogels in?
- 2 Wat is de oorzaak van die zwakheid?

Van den Burg wijt dit onder andere aan de uitstoot van 'stikstof' door de intensieve veehouderij. Deze 'stikstof'uitstoot vindt plaats in de vorm van ammoniak. De ammoniak zou, na te zijn neergeslagen de "kalk" (lees: calciumoxide) oplossen in de bodem.

- 3 Leg uit dat het vreemd is dat de "kalk" oplost gezien het soort verbinding dat ammoniak en calciumoxide zijn.

Er blijkt echter in de bodem na neerslag van de ammoniak een proces plaats te vinden waarbij ammoniak omgezet wordt in (opgelost) salpeterzuur dat wegsijpelt. Dit proces vindt plaats onder invloed van bacteriën.

- 4 Geef de reactievergelijking van deze omzetting waarbij ammoniak reageert met zuurstof.
- 5 Leg uit of dit een exotherme of endotherme reactie zal zijn.
- 6 Geef de reactievergelijking tussen kalk (neem hiervoor calciumoxide) en (opgelost) salpeterzuur.
- 7 Welke korte- en lange termijn oplossingen noemt Van den Burg?

Vogels verdwijnen van de Veluwe

- 1 In dunnere schalen van de eieren en broosheid van de botten van de kuikens.
- 2 Vogels krijgen te weinig kalk binnen.
- 3 Ammoniak en calciumoxide zijn beide basen. Ze zullen dus niet met elkaar reageren.
- 4 $\text{NH}_3 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$.
- 5 Bacteriën laten reacties verlopen voor hun energievoorziening, dus een exotherme reactie. Of: het is een reactie met zuurstof dus een verbranding dus exotherm.
- 6 $\text{CaO} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$.
- 7 Korte termijn: de bodem bekalken. Lange termijn: de bron van het probleem aanpakken: minder stikstofuitstoot in voedselarme ecosystemen.

Extra artikel. *NRC Handelsblad*, 14 juni 2017

Koolmeesje lijdt onder verzuring

Biologie Op de Veluwe liggen jonge koolmezen in het nest met gebroken pootjes. De oorzaak zou kalkgebrek door verzuring kunnen zijn.

Hester van Santen



De mezen in de Noord Ginkel, een bos bij Ede, hebben grote problemen. Hier een zwarte mees met gebroken bekken, dijbeen en scheenbeen. Foto's Arnold van den Burg
In de Noord-Ginkel, een voedselarm bos bij Ede op de Veluwe, lijden koolmezen sterk onder kalkgebrek. Eieren hebben een zwakke schaal, ze komen vaak niet uit, en jonge koolmezen liggen in het nest met gebroken poten.

Volgens bioloog Arnold van den Burg, die het ontdekte, ontstaat het kalkgebrek door de doorgaande verzuring van de Nederlandse bossen op de hoge zandgronden. Hij publiceerde er woensdag over in het juninummer van het *Vakblad Natuur Bos Landschap*. Verzuring ontstaat door vervuiling met zwavel- en stikstofverbindingen. Als die stoffen oplossen in water ontstaan er zuren, zoals bij de zure regen in de jaren 80 en 90. Vooral de zwavelvervuiling is sindsdien verminderd, maar de stikstofvervuiling (ammoniak uit mest en stikstofoxiden uit industrie en verkeer) daalde niet voldoende om verzuring te voorkomen.

Van den Burg is een vogelbioloog met een eigen onderzoeksbureau, Stichting Biosfeer. Hij deed in 2016 en afgelopen voorjaar onderzoek in drie bospercelen in op de Zuid-Veluwe, bij Ede. In het meest voedselarme gebied (eikenbossen in Noord-Ginkel) kwamen in de afgelopen twee seizoenen slechts 91 van de 132 eieren uit. „Dat is heel weinig”, bevestigt woordvoerder Albert de Jong van vogelorganisatie Sovon.

„De botten zijn slap door kalkgebrek, je kunt ze letterlijk heen en weer vouwen”, zegt Van den Burg. Hij deed in 2002 en 2004 inventarisaties in dezelfde gebieden; toen waren de koolmezen gezond.

Toenemend probleem

Verzuring is een toenemend probleem in de Nederlandse bossen op de zandgronden. Dat blijkt uit bodemonderzoek. Wim de Vries, buitengewoon hoogleraar stikstof-effectmodellering aan de Wageningen Universiteit, deed in 2015 metingen aan de gehalten calcium, magnesium en kalium (en meer mineralen) in Nederlandse bossen. Dat zijn voedingsstoffen die uit de bodem verdwijnen door verzuring (zie kader). „Iedereen dacht: de zure regen is voorbij”, zegt De Vries. „Maar er is nog steeds zoveel stikstofdepositie dat de bodem blijft verzuren.” Hij vergeleek 16 eikenbossen op zandgronden in Midden- en Oost-Nederland in 1990 en 2015. In 1990 was de verzadiging met deze mineralen in de bodem 5 tot 35 procent. In 2015 was dat 5 tot 15 procent. Het overschot aan stikstof is een bekend probleem. Uit landelijke metingen uit 2009 blijkt dat in bijna alle natuurgebieden op de zandgronden te veel stikstof terechtkomt om de mineralen in de bodem te behouden. Het ergst is het in Oost-Brabant, waar veel intensieve veehouderij is. Hout uit bossen van zandgrond bevat tegenwoordig 10 tot 50 procent minder mineralen dan normaal is, maten collega's van Wim de Vries kort geleden. Hoewel de vervuiling landelijk is, zijn de zwakke koolmezen die Van den Burg ontdekte een lokaal probleem. Het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), dat koolmezen bestudeert in een tiental bosgebieden op de Veluwe, zegt geen toename te zien van koolmezen met zwakke eieren. „Op de Hoge Veluwe zien we soms kalkgebrek, maar in beperkte mate. En het is niet erger dan voorheen”, aldus koolmeesonderzoeker Kees van Oers.

Onbekend is hoe het met de bodem in Noord-Ginkel gesteld is, en of koolmezen er inderdaad onvoldoende kalkrijk voedsel eten. Er leven geen huisjesslakken, volgens Van den Burg vanwege de verzuring. Misschien krijgen de koolmezen nog kalk binnen uit miljoenpoten.

Van den Burg, die sinds de jaren 90 veldonderzoek doet, stelt in het *Vakblad* voor om mineraalrijk steenmeel in de bossen uit te strooien. Hij schrijft dat het bos „steeds stiller” lijkt te worden. Hij denkt dat algemene vogels, zoals koolmezen, zanglijsters en vinken schaarser worden, mogelijk door kalkgebrek.

Albert de Jong van Sovon noemt Van den Burg daarin echter „veel te stellig”. Uit landelijke vogeltellingen in bossen op zandgronden blijkt dat een deel van de bosvogels licht in aantal afneemt, zoals vink, gaai en zwarte mees – en onbekend is of dat door kalkgebrek komt. Met andere soorten in de zandgrondbossen, waaronder de koolmezen en de pimpelmezen, is niets aan de hand. Van den Burg denkt echter dat alleen de vogels in de armste bossen het effect van verzuring voelen. „In de bossen op zandverstuivingen en heide-ontginningen. Ik merk het zelf.”

Verzuring Wat gebeurt er in de bodem?

Mineralen verdwijnen door verzuring. Stikstofoxiden uit luchtvervuiling (NO_x) en ammoniak (NH₃) uit mest kunnen allebei reageren tot salpeterzuur (HNO₃). Dat zuur komt in de bodem terecht.

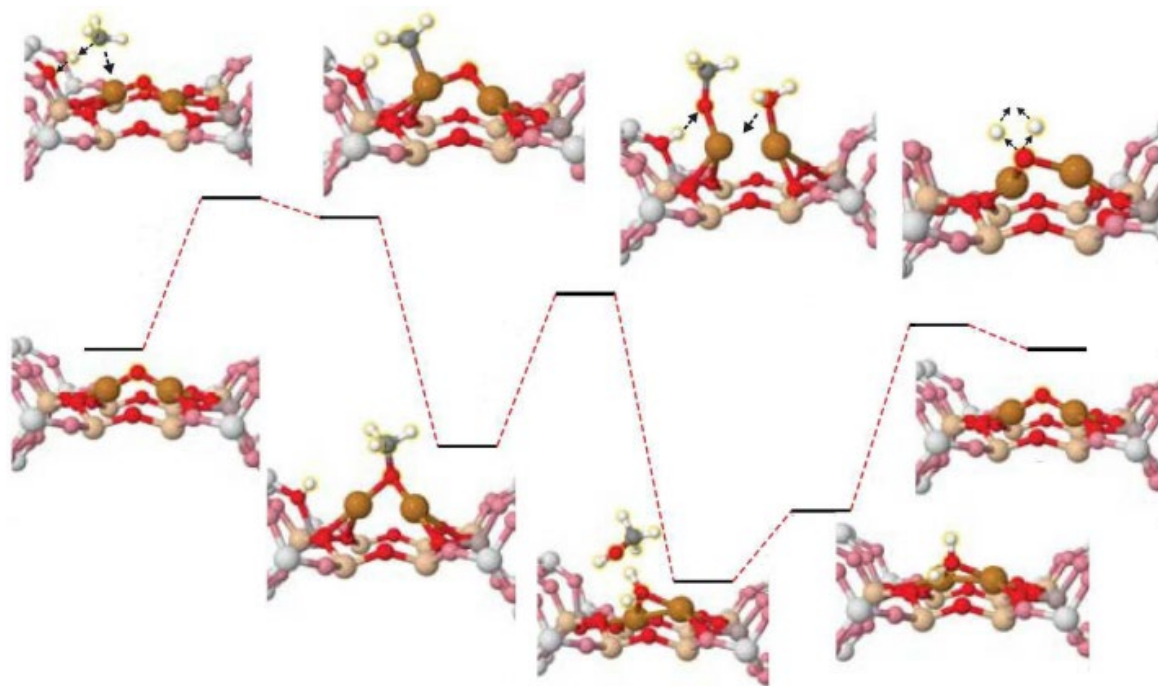
	In de bodem neemt zuur (H⁺) de plaats in van mineralen die planten en dieren nodig hebben. Die voedingsstoffen zijn namelijk ook positief geladen deeltjes: calcium (Ca²⁺), kalium (K⁺) en magnesium (Mg²⁺). De mineralen laten door het zuur los van de bodemdeeltjes en spoelen weg in het grondwater. Uit de bodemdeeltjes komen wel nieuwe mineralen vrij door verwerking, maar dat gaat niet snel genoeg als er veel verzuring is. De bodem zal daardoor steeds minder calcium, kalium en magnesium bevatten.	
--	--	--

WATER MAAKT METHANOL VAN METHAAN

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	redoxreacties
Trefwoorden	Katalysator, zeoliet, methaan, methanol, koper(I), koper(II)
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 2 juni 2017

Water maakt methanol van methaan



Op een koperhoudende zeoliet kun je methaan en water anaerobe omzetten in methanol en waterstof. Zonder dat je andere reagentia nodig hebt, claimen Jeroen van Bokhoven en collega's van het Zwitserse Paul Scherrer-instituut in *Science*.

Ze noemen het anaerobe oxidatie. Aan pogingen om methaan rechtstreeks te oxideren kwam tot nu toe moleculaire zuurstof te pas of sterke oxidatoren zoals waterstofperoxide. Maar hier dient water als zuurstofbron, waarvan je eigenlijk verwacht dat het als oxidator veel te zwak is.

Als zeoliet dient een commercieel verkrijgbaar natriummordeniet, waarin je de natriumionen deels door koper vervangt. Je activeert hem bij 673 K onder helium, waarna je hem tot 473 K afkoelt en gedurende een half uur blootstelt aan methaan bij een druk van 7 bar. Vervolgens pomp je een mix van helium en waterdamp door de reactor, bij 1 bar, en verhoogt de temperatuur geleidelijk weer naar 673 K. Op een gegeven moment zie je dan eerst waterstof ontstaan en vervolgens methanol los komen van het zeoliet. Beide producten komen met de gasstroom mee, de reactor uit. De zeoliet is dan meteen weer klaar voor een volgende cyclus.

Genoemde temperaturen en drukken zijn voor procestechnische begrippen zeer bescheiden en Van Bokhoven verwacht dan ook dat het proces op relatief kleine schaal rendabel is te krijgen. Wellicht kun je het gebruiken om methaan vloeibaar te maken, dat vrijkomt bij oliewinning op afgelegen plaatsen en nu nog wordt afgefakkeld omdat het niet vervoerbaar is.

Een combinatie van metingen en computerberekeningen geeft een beeld van wat er vermoedelijk in de zeoliet gebeurt. Het methaan staat in eerste instantie een H^+ af aan de zeolietstructuur, waarna het restant blijft hangen aan een zuurstofion dat tussen twee Cu^{2+} -ionen in hangt. Voor elk van die twee koper(II)ionen komt hierbij een extra elektron beschikbaar, zodat ze worden gereduceerd tot Cu^+ .

Als vervolgens het water arriveert, regenereert het in feite de zeoliet. De zuurstof neemt de plaats in van het eerder genoemde exemplaar waar CH_3 aan hangt. Dat komt los, pikt de verderop geparkeerde H^+ weer in en gaat als methanol de zeoliet uit. Intussen wordt Cu^+ weer omgezet in Cu^{2+} , waarbij de vrijkomende elektronen dienen om H^+ uit het water om te zetten in H_2 .

Als je water gebruikt dat is gelabeld met zuurstof-18 kun je het goed zien: bij de eerste cyclus zit er nauwelijks ^{18}O in de gevormde methanol, bij de volgende cycli juist wel. Hoelang dit goed blijft gaan moet nog worden onderzocht. Maar de eerste drie cycli leverden telkens 0,204 mol methanol op voor elke mol koper die in de zeoliet was verwerkt, bij een selectiviteit van 97 procent.

bron: Science

Een zeoliet is een verbinding van silicium en zuurstof. Het is een vaste stof met een poriestructuur. Onderzoekers hebben gevonden dat je op een koperhoudend zeoliet methaan en water anaeroob kunt omzetten in methanol en waterstof.

- 1 Wat wordt bedoeld met 'anaeroob'?
- 2 Geef de reactievergelijking van deze omzetting.

De omzetting verloopt in meerdere stappen. In de eerste stap activeer je het zeoliet.

- 3 Wat houdt dat activeren in?
- 4 Leg uit dat het gebruikte zeoliet als katalysator dienst doet.

In de tweede stap staat een methaanmolecuul een H^+ af aan het zeoliet en blijft het restant hangen aan een zuurstofion dat tussen twee koper(II)ionen in hangt.

- 5 Wat blijft er over als een methaanmolecuul een H^+ afgestaan heeft?
- 6 Leg uit dat bij het vasthouden van de rest van het methaanmolecuul de beide koper(II)ionen omgezet worden in koper(I)ionen.

Vervolgens neemt het zuurstofatoom van een watermolecuul de plaats in van het eerder genoemde zuurstofion waar CH_3 aan hangt. Direct daarna wordt Cu^+ weer omgezet in Cu^{2+} en worden de twee H^+ ionen uit het water omgezet in waterstof.

- 7 Geef de reactie die optreedt met CH_3 .
- 8 Geef ook de reactie die daarna optreedt tussen koper(I)ionen en H^+ ionen.
- 9 Leg uit of deze reactie een redoxreactie is.

Een experiment waarbij je water gebruikt dat met ^{18}O is gelabeld, wijst uit dat het beschreven mechanisme waarschijnlijk wel juist is.

10 Beschrijf de atoombouw van ^{18}O .

11 Leg uit hoe je ^{18}O kunt volgen tijdens een reactie.

12 Leg uit dat het experiment met water dat gelabeld is met ^{18}O uitwijst dat het beschreven mechanisme waarschijnlijk juist is.

Je kunt reacties beschrijven op micro- of op macroniveau.

13 Leg uit of het hier beschreven wordt op micro- of op macroniveau.

Het beschreven proces kan onder 'bescheiden' omstandigheden van temperatuur en druk worden uitgevoerd. Daardoor zou het (ook) op afgelegen plaatsen kunnen worden toegepast om 'methaan vloeibaar te maken'.

14 Geef commentaar op '*methaan vloeibaar (te) maken*'.

Water maakt methanol van methaan

- 1 In zuurstofloze omgeving.
- 2 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2$.
- 3 Er moeten zuurstofionen ingebouwd worden om de eerste keer het zeoliet als katalysator dienst te laten doen.
- 4 Het wordt wel gebruikt (aanhechting deeltjes, elektronenopname en – afgifte) maar wordt niet verbruikt (na afloop dezelfde samenstelling als bij de start).
- 5 Dan blijft er een negatief ion over, namelijk CH_3^- .
- 6 CH_3^- zal twee elektronen afstaan die de beide Cu^{2+} omzetten in Cu^+ .
- 7 $\text{CH}_3^+ + \text{O}^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$.
- 8 $2 \text{Cu}^+ + 2 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2$.
- 9 Ja, want de lading van zowel het Cu^{2+} als van H^+ verandert.
- 10 ^{18}O : atoomnummer is 8, dus 8 protonen in de kern en 8 elektronen in de schillen (2-6). Het massagetal is 18 dus $18 - 8 = 10$ neutronen in de kern.
- 11 Het gelabelde water is 'zwaarder' dan niet-gelabeld water. Je kunt het met een massaspectrometer aantonen.
- 12 In de eerste cyclus komt er nog geen methanol met ^{18}O vrij dus moet het benodigde O-atoom uit het zeoliet zijn gekomen (zuurstofatomen zijn ingebouwd, zie vraag en antwoord 3). Daarna bevat de gevormde methanol wél ^{18}O .
- 13 Het gaat over ionen, atomen en moleculen dus op microniveau.
- 14 Methaan wordt niet vloeibaar gemaakt maar chemisch omgezet in een andere, vloeibare, stof.

ZO VEEL MEER DAN ANTIAANBAKLAAG

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Polymeren
Trefwoorden	Teflon, anti-aanbaklaag, FTE, PFTE, FEP, copolymeer, HFP
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, juni 2017

ZO VEEL MEER DAN ANTIAANBAKLAAG

Teflon

Ons 50-jarig bestaan is een mijlpaal omdat wij de eerste fluorpolymerenfabriek in Europa waren”, zegt *value chain manager* Charles de Wolff. “In Nederland zijn we nog steeds de enige.” Vanaf het begin maakt Chemours Dordrecht – toen nog DuPont – polytetrafluoretheen (PTFE, ook wel Teflon genoemd, een geregistreerd handelsmerk van Chemours). “Het plakt niet en reageert met niets, het kan goed tegen hitte en corrosieve stoffen”, aldus De Wolff.

Chemours Dordrecht levert PTFE (bereid uit het monomeer tetrafluorethyleen, TFE) inmiddels in diverse varianten, als dispersie, granulair (korrels) en fijnpoeder.

Daarnaast produceert het *fluorinated ethylene propylene* (FEP), een copolymeer van TFE en hexafluorpropeen (HFP). “Met FEP kun je heel dun coaten, je kunt het smelten en vervormen. Het wordt veel voor ICTkabels gebruikt, omdat het niet geleidend is en zo datalekken voorkomt. Het brandt ook niet. In Amerika is het al verplicht om kabels te isoleren met FEP voor gebruik in systeemplafonds en het is standaard voor kabels in vliegtuigen.” De ‘laatste tak aan de fluorpolymerenboom’ is het fluorelastomeer Viton, een synthetisch rubber, terug te vinden in bijvoorbeeld *turbo hoses* (flexibele buizen) onder de motorkap van een auto en o-ringen (afdichtringen) voor chemische apparatuur.

Kathederdraden

“Iedereen kent teflon als antiaanbaklaag in pannen of het teflontape om waterleidingen af te dichten”, zegt De Wolff. “Maar wat vrijwel niemand weet is dat ook over de katheterdraden die voor dotteroperaties worden gebruikt een klein laagje PTFE-coating zit, zodat ze onderweg niet aan de aderen blijven plakken. Het zit eveneens in het kleine plastic buisje dat in de ader achterblijft bij het aanbrengen van een infuus. En in glascoating van de transportband waarop koekjes in fabrieksbakkerijen de oven in gaan, zodat ze niet blijven plakken. Ken je de Millennium Dome in Londen? Dat dakdoek is ermee gecoat. Het maakt het textiel waterafstotend, vuilbestendig én uv-resistent; daardoor blijft het zo mooi wit.” De industrie maakt veel gebruik van fluorpolymeren in diverse apparatuur. “Oliepijpen gaan langer mee doordat al die smurrie er niet aan blijft zitten. Een belangrijke nieuwe toepassing betreft warmtewisselaars voor de elektriciteitsindustrie, die bijdragen aan een hoger energierendement en minder CO₂-uitstoot. Doordat die vol zitten met PTFE-tubing kunnen ze de hitte en corrosieve stoffen in de rookgassen aan.”

Naar: ChemieMagazine, juni 2017

Teflon heeft een aantal stofeigenschappen die het voor gebruik in pannen zeer geschikt maakt.

1 Welke stofeigenschappen zijn dat?

2 Welke stofeigenschappen heeft Teflon nog meer?

Teflon, PTFE, wordt geproduceerd uit TFE, tetrafluoretheen.

3 Geef de structuurformule van TFE.

4 Teken een stukje uit het midden van PTFE met minstens drie monomeereenheden.

Het bedrijf Chemours Dordrecht maakt ook een copolymeer.

5 Wat is een copolymeer?

6 Teken de structuurformule van het monomeer HFP.

7 Teken een stukje uit het midden van een FEP-keten.

8 Welke stofeigenschappen van FEP worden genoemd?

De nieuwste telg is het elastomeer Viton.

9 Wat versta je onder een elastomeer?

Kamer wil onderzoek naar chemische stof GenX in drinkwater

In heel Nederland moet precies in kaart worden gebracht of en hoeveel GenX er in het drinkwater zit, vindt een ruime Kamermeerderheid. Veel politici zijn geschrokken. Deze krant toonde aan dat de omstreden stof op zeker zes plekken in Zuid-Holland in kraanwater voorkomt.

Ons drinkwater is nog gewoon veilig omdat het vooralsnog lage waarden betreft, stellen toxicologen en drinkwaterbedrijven. Ook doet het RIVM al nader onderzoek naar de risico's van bepaalde hoeveelheden GenX in drinkwater

Naar: de Gelderlander, 17 juli 2017

Het is echter niet allemaal hosanna bij Chemours Dordrecht. De uitstoot van de stof GenX, perfluorooctaanzuur, baart zorgen. Perfluorooctaanzuur heeft de formule $C_7F_{15}COOH$.

10 Geef de structuurformule van GenX.

11 Leg op microniveau uit of GenX goed oplosbaar is in water.

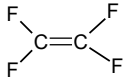
12 Welk 'geluk bij een ongeluk'levert dit op?

Zo veel meer dan antiaanbaklaag

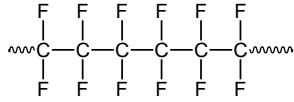
1 Het plakt niet en 'reageert met niets', het kan goed tegen hitte en corrosieve stoffen.

2 Waterafstotend, vuilbestendig én uv-resistent.

3

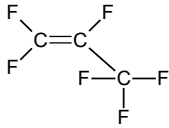


4

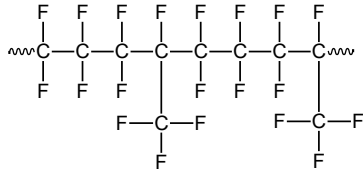


5 Een polymeer dat opgebouwd is uit twee verschillende monomeren.

6



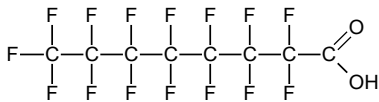
7



8 Met FEP kun je heel dun coaten, je kunt het smelten en vervormen. Het wordt veel voor ICTkabels gebruikt, omdat het niet elektrisch geleidend is en zo datalekken voorkomt. Het brandt ook niet.

9 Een polymeer dat wel buigzaam is maar dat niet blijvend vervormt. Nadat gestopt wordt om een externe kracht uit te oefenen neemt de elastomeer weer zijn oorspronkelijke vorm aan.

10



11 Nee, het apolaire deel is veel groter dan het polaire deel.

12 Er kan daardoor nooit veel van de stof GenX in het drinkwater opgelost zitten.